

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA



ANÁLISIS COMPARATIVO DE DOS SOLUCIONES QUELANTES:  
EDTA Y CITRATO DE SODIO, UTILIZANDO EL MICROSCOPIO  
ELECTRÓNICO DE BARRIDO

POR

SILVIA MARCELA DÍAZ CASANOVA

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRÍA EN CIENCIAS ODONTOLÓGICAS EN EL ÁREA DE  
ENDODONCIA

D I C I E M B R E, 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO



ANÁLISIS COMPARATIVO DE DOS SOLUCIONES QUELANTES:  
EDTA Y CITRATO DE SODIO, UTILIZANDO EL MICROSCOPIO  
ELECTRÓNICO DE BARRIDO

POR  
SILVIA MARCELA DÍAZ CASANOVA

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRÍA EN CIENCIAS ODONTOLÓGICAS EN EL ÁREA DE  
ENDODONCIA

D I C I E M B R E, 2016

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE DOS SOLUCIONES QUELANTES:  
EDTA Y CITRATO DE SODIO, UTILIZANDO EL  
MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO.**

**Comité de Tesis**

PhD Idalia Rodríguez Delgado MCEE

Directora de Tesis

CD MS Jorge Jaime Flores Treviño

Co-Director de Tesis

**ASESORES**

MCP Gerardo Antonio González Hernández

Asesor Externo

Dr. Gustavo Israel Martínez González

Asesor Estadístico

MCEE. Elizabeth Madla Cruz

Asesor Metodológico

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE DOS SOLUCIONES QUELANTES:  
EDTA Y CITRATO DE SODIO, UTILIZANDO EL  
MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO.**

---

**CD. MS. JORGE JAIME FLORES TREVIÑO**

**COORDINADOR DEL POSGRADO DE ENDODONCIA**

---

**PhD. SERGIO EDUARDO NAKAGOSHI CEPEDA**

**SUBDIRECTOR DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE DOS SOLUCIONES QUELANTES: EDTA Y  
CITRATO DE SODIO, UTILIZANDO EL MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE  
BARRIDO.**

**APROBACIÓN DE LA TESIS**

LOS MIEMBROS DEL JURADO ACEPTAMOS LA INVESTIGACIÓN Y  
APROBAMOS EL DOCUMENTO QUE AVALA LA MISMA; COMO REQUISITO  
PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRÍA EN CIENCIAS  
ODONTOLÓGICAS EN EL ÁREA DE ENDODONCIA.

**HONORABLES MIEMBROS DEL JURADO**

---

**Dr. Juan Manuel Solís Soto**

**PRESIDENTE**

---

**PhD Idalia Rodríguez Delgado MCEE**

**SECRETARIO**

---

**CD. MS. Jorge Jaime Flores Treviño**

**VOCAL**

## TABLA DE CONTENIDO

Sección	Página
AGRADECIMIENTOS .....	iv
DEDICATORIA .....	vii
LISTA DE TABLAS .....	viii
LISTA DE FIGURAS .....	ix
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT .....	xii
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. HIPÓTESIS .....	3
3. OBJETIVOS .....	4
3.1 OBJETIVO GENERAL:.....	4
3.2 OBJETIVOS PARTICULARES: .....	4
4. ANTECEDENTES .....	5
4.1 CARIES .....	5
4.2 DENTINA Y PULPA.....	5
4.3 ENFERMEDAD PULPAR .....	6
4.4 INFECCIÓN ENDODÓNTICA .....	6
4.5 TRATAMIENTO ENDODÓNTICO .....	7
4.6 BARRILLO DENTINARIO .....	9
4.7 IRRIGANTES .....	10
4.7.1 DESINFECTANTES .....	11
4.7.1.1 HIPOCLORITO DE SODIO (NaOCl) .....	11
4.7.1.2 CLORHEXIDINA (CHX).....	12
4.7.2 AGENTES QUELANTES .....	13

4.7.2.1 MTAD .....	13
4.7.2.2 ÁCIDO ETILENDIAMINOTETRAACÉTICO (EDTA) .....	14
4.7.2.3 ÁCIDO CÍTRICO .....	16
4.7.2.4 CITRATO DE SODIO .....	16
5. MARCO DE REFERENCIA.....	19
6. MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
Descripción de procedimientos.....	26
Etapa I: Selección de la Muestra. ....	26
Etapa II: Preparación de los Especímenes. ....	26
Etapa III: Sección de las Piezas .....	28
Etapa IV: Evaluación Microscópica .....	28
7. RESULTADOS .....	30
8. DISCUSIÓN .....	34
9. CONCLUSIONES .....	39
RECOMENDACIONES .....	40
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	41

## AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradezco a Dios, las palabras no alcanzan para expresar mi agradecimiento, conoces mi corazón y lo que hay en él; gracias infinitamente por permitirme vivir esta experiencia; por el regalo y fortuna de estudiar un posgrado. Sin Dios de mi lado, nada de esto sería posible; ya que Él hace posible lo imposible. Gracias Dios por tus planes perfectos, en el tiempo correcto.

Gracias a mis papás que son instrumentos de Dios, gracias por su esfuerzo, cariño, empeño y dedicación; porque siempre han sabido llevarme por el buen camino, con honestidad, rectitud, bondad y humildad. Soy muy afortunada de tenerlos juntos y ver lo mucho que se aman. Gracias Papi por todo tu esfuerzo; que hoy lo puedes ver reflejado físicamente y puedo compartir contigo este éxito, por vivir esta experiencia todas las mañanas cuando salías a despedirme o al llevarme día a día al posgrado; te quiero mucho y agradezco toda tu fuerza de voluntad por darme lo mejor, gracias Mami por ser como eres; por siempre insistir en sacar lo mejor de mí, gracias por tu tiempo, por hacer las pequeñas grandes cosas que hacen la diferencia, gracias por recordarme siempre de dónde vengo y hacia dónde voy y por ser una mamá y dentista extraordinaria, de ti aprendí el amor hacia la odontología, por enseñarme con paciencia y firmeza, a siempre dar lo mejor; te quiero mucho, gracias Ale y Fer por sacrificar tanto por mí y saber lidiar con mi mal humor cuando estaba estresada, fastidiada, cansada y me quedaba dormida, porque sin ustedes tres, mi vida sería aburrida; soy muy afortunada de tenerlas como hermanas; y estoy muy orgullosa de ustedes; Ale admiro tanto tu fortaleza, dedicación y entrega para servir a Dios y le agradezco infinitamente a Él porque siempre has estado ahí para apoyarme, fuiste elemental para lograr esto, y Fer, fuiste parte de este posgrado, compartimos las tareas, desvelos, estrés, el regreso a la casa; gracias por apoyarme y ser tan tú, tan especial y diferente como 2 personas distintas. Ale y F. Fer; las quiero muchísimo, son mis hermanas favoritas y las elegiría sobre todas las cosas.



La familia es el regalo más valioso y preciado, lo más sagrado que alguien puede poseer; y soy muy bendecida por tenerlos a los 5.

Jerry, mi mejor amigo, eres un ser valioso, independiente y con mucha fortaleza, gracias por comprenderme, entenderme, apoyarme y siempre saber que decir cuando necesito ánimos. Gracias a tu curiosidad y por interesarte en mis cosas, nació esta tesis. Veo todas nuestras diferencias y me doy cuenta que somos iguales, que el destino y Dios son perfectos; y perfecta fue la decisión de aceptarte como mi compañero de vida desde el 2007. Por enseñarme a disfrutar las cosas pequeñas y a entender, que detrás de un gran hombre no hay nadie, porque su compañera de vida, camina a su lado, tomada de la mano. Gracias por tu tiempo, paciencia y constancia, por siempre estar para mí, por ser lo más cercano al rumor de un alma gemela y compartir todo conmigo Yeyi. Haces mi vida más feliz y divertida; y te amo por eso.

Dr. Jorge Jaime Flores Treviño; fui afortunada al tenerlo como maestro y ahora como padrino de generación; antes de conocerlo mi mamá ya me platicaba de usted. Tiene mi admiración y me gusta mucho ver el amor con el que se expresa al hablar de endodoncia; hacen falta en este mundo personas tan apasionadas y dedicadas como usted; además de ser una excelente persona, íntegra, dedicada a su familia, alguien que refleja la presencia de Dios en su vida, gracias por compartir sus conocimientos y experiencias.

Dra. Idalia Rodríguez; su carácter y tenacidad son muy parecidos al de mi mamá, así que tengo un cariño muy especial por usted, es una mujer valiosa, llena de virtudes, entregada a su profesión y siempre al pendiente de su familia. La admiro mucho y sin su ayuda este proyecto no habría sido posible, le agradezco su dedicación para hacer realidad esta investigación; por siempre brindarme tiempo, a pesar de su ocupada agenda, gracias.

Dra. Mayra Martínez y Dra. Eli Madla; son el gran complemento del Posgrado, siempre disponibles, amables y pacientes, gracias por estar en los momentos importantes y cuando más las necesitaba, las quiero.

Dr. Juan Manuel Solís; nunca cambie, nos hace esforzarnos y dar lo mejor de nosotros.

Y a todos los maestros que forman parte del posgrado, tanto clínicos como teóricos Dr. Dagoberto Vera, Dr. Alejandro Podolsky, Dr. Saúl Quiroga, Dr. Manuel Rueda, Dr. Alan Tijerina, Dr. Gerardo Sierra, Dr. Pepe Monjarás, Dra. Moñi Tassía, Dra. Ale Cantú, Dra. Caro Páez, Dra. Fanny López, Dra. Begoña Estrada, Dra. Lucy Borjón, Dra. Evelin Gómez, Dra. Susana Gómes, Dra. Nancy González, fueron fundamentales en mi formación; me llevo grandes enseñanzas. A cada uno de ustedes gracias por compartir conocimientos, ayuda incondicional y ser excelentes maestros.

Sofy, Karen, Jessi, Tomás y Ramiro, “Endo $\pi$ ” son los mejores compañeros que pude haber tenido, cada uno se ha ganado un lugar muy importante en mi corazón y toda la vida los recordaré como una segunda familia que Dios me regaló, me sorprende la manera en que nos acoplamos y valoro mucho su amistad. Gracias por hacer de esta maestría una experiencia llena de momentos divertidos y especiales. Gracias Ramiro, por ayudarme en la parte del experimento de esta tesis. McClintock, siempre vamos a tener algo que nos una.

A mis compañeros menores, gracias por integrarse con armonía y hacer un gran equipo.

A todo el equipo del CIIIA UANL por ser tan amables al dedicarme tiempo y ayudarme en este proyecto; gracias, en especial por las atenciones recibidas para lograr este experimento a la Dra. Patricia Zambrano Robledo y a la M.C. María Lara Banda.

Rox, asistentes y a todo el personal docente del posgrado, gracias.

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACyT, gracias por el apoyo económico brindado durante todo mi posgrado.

Gracias a la casa comercial Kerr SybronEndo, por facilitarme de manera gratuita los instrumentos y materiales para la realización de esta tesis.

“Dios nos bendice para que podamos bendecir a otros” Gálatas 6:10

## **DEDICATORIA**

A Dios, creador de los sueños más imposibles e increíbles. La fé no hace que las cosas sean fáciles, hace que sean posibles.

A mi familia, mi todo [6].

A mí misma, por tener en mis manos algo que veía imposible.

***“Porque para Dios nada hay imposible” Lucas 1:37***

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla</b>	<b>Página</b>
Comparación del efecto quelante entre dos agentes, tercio apical.....	31
Comparación del efecto quelante entre dos agentes, tercio medio .....	32
Comparación del efecto quelante entre dos agentes, tercio coronal .....	33
Hoja de captura de datos de EDTA.....	54
Hoja de captura de datos Citrato de Sodio.....	55

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figuras</b>	<b>Página</b>
Figura 1 Control 1 .....	56
Figura 2 Control 2 .....	56
Figura 3 EDTA 1 .....	57
Figura 4 EDTA 2 .....	57
Figura 5 EDTA 3 .....	57
Figura 6 EDTA 4 .....	58
Figura 7 EDTA 5 .....	58
Figura 8 EDTA 6 .....	58
Figura 9 EDTA 7 .....	59
Figura 10 EDTA 8 .....	59
Figura 11 EDTA 9 .....	59
Figura 12 EDTA 10 .....	60
Figura 13 CITRATO 1 .....	60
Figura 14 CITRATO 2 .....	60
Figura 15 CITRATO 3 .....	61
Figura 16 CITRATO 4 .....	61
Figura 17 CITRATO 5 .....	61
Figura 18 CITRATO 6 .....	62
Figura 19 CITRATO 7 .....	62
Figura 20 CITRATO 8 .....	62
Figura 21 CITRATO 9 .....	63
Figura 22 CITRATO 10 .....	63
Figura 23: Selección de la muestra. ....	64
Figura 24: Señalización de corona clínica para ser retirada.....	64

Figura 25: Corte con disco de diamante.....	65
Figura 26: Piezas sin corona y simulando presión apical. ....	65
Figura 27: Quelantes. ....	66
Figura 28: Preparación de los especímenes realizado en el Posgrado de Endodoncia, Facultad de Odontología UANL. ....	66
Figura 29: División de la raíz.....	67
Figura 30: CIIIA UANL.....	67
Figura 31: Microscopio Electrónico de Barrido JSM-6510LV, CIIIA UANL. ....	67
Figura 32: Portaobjetos. ....	68
Figura 33: Máquina de vacío donde son recubiertas las muestras. ....	68
Figura 34: Muestras colocadas dentro de la máquina. ....	68
Figura 35: Muestras revestidas de sales de oro y colocadas en el MEB. ....	69
Figura 36: Evaluación mediante el MEB. ....	69
Figura 37: Personal del Lab. de Materiales Aeroespaciales, donde se llevó a cabo el experimento.....	69

## RESUMEN

**Introducción:** En endodoncia, la instrumentación del conducto forma una capa de desecho inorgánico llamado barrillo dentinario que se adhiere a las paredes del conducto, funciona como reservorio de bacterias; es necesario que esta capa sea removida; de lo contrario nos puede llevar al fracaso del tratamiento. Para realizar una desinfección del conducto se requiere de la ayuda de irrigantes que nos lo permitan, como es el caso del Hipoclorito de Sodio (NaOCl) que disuelve el tejido orgánico; y la parte inorgánica sólo puede ser removida mediante soluciones quelantes, al reaccionar con el calcio de la dentina, sin embargo, estas soluciones son irritantes para los tejidos periapicales, por lo que se buscan opciones que sean biocompatibles y menos tóxicas.

**Objetivos:** Se evaluó el efecto quelante del Citrato de Sodio al 3.2% en comparación con el EDTA al 17% mediante el Microscopio Electrónico de Barrido (MEB) en órganos dentales *in vitro*.

**Métodos:** Se seleccionaron 22 piezas unirradiculares, extraídas, de conducto único y se distribuyeron de manera aleatoria en 3 grupos; 2 piezas como control positivo con irrigación final de suero fisiológico, 10 piezas con irrigación final de EDTA 17% y un último grupo de 10 piezas con irrigación final de Citrato de Sodio 3.2%. Se instrumentaron con el sistema rotatorio TFAdaptive según las instrucciones del fabricante, durante todo el procedimiento se utilizó irrigación de NaOCl al 5.25% y se evaluaron las muestras mediante microscopía observando el grado de barrillo remanente.

**Resultados:** Se evaluó mediante una prueba de chi cuadrada y el Citrato de Sodio presentó mejor efecto quelante, a pesar de su baja concentración, obteniendo un mayor número de superficies libres de barrillo dentinario en comparación con el EDTA.

**Discusión:** Los resultados obtenidos en el presente estudio, concuerdan con lo publicado por Cruz-Filho et al., 2011 y Machado-Silveiro et al., 2004, donde el Citrato de Sodio mostró ser eficaz en la remoción de barrillo dentinario.

**Conclusiones:** Bajo las condiciones experimentales de este estudio el Citrato de Sodio exhibió mejor efecto quelante y menor grado de descalcificación en la dentina.

## ABSTRACT

**Introduction:** The goal of root canal therapy consists in the combined action of endodontic instruments and irrigating solutions; it has been recognized for many years that root canal instrumentation produces a smear layer that covers the surfaces of root canal wall. The smear layer consists of organic and inorganic substances; the removal of smear layer is necessary to achieve disinfection of the root canal by irrigants. Sodium hypochlorite (NaOCl) is the most widely used chemical solution, but does not remove the smear layer, the use of chelating agents removes smear layer EDTA is the most frequently used. The search for more biocompatible solutions than EDTA, aiming at minimizing its harmful effect on periapical tissues continues.

**Objetives:** The aim of this study was to evaluate by scanning electron microscopy (SEM), the efficacy of smear layer removal using Sodium Citrate compared with EDTA on dentin of root canal *in vitro*.

**Methods:** Twenty-two recently extracted single rooted maxillary incisors. The specimens were distributed in three groups according to the final irrigation: 10 17% EDTA, 10 3.2% Sodium Citrate and 2 control group with no irrigation. The teeth were decoronated at the cemento-enamel junction, and were instrumented using a TFAdaptive rotatory technique, according to the manufactures' instructions. During preparation, the root canals were irrigated with 5.25% NaOCl, after this, all teeth were examined under scanning electron microscopy and were evaluated for the amount of smear layer.

**Results:** The Chi Square test was used to compare results of remaining smear layer. SEM analysis revealed that 3.2% Sodium Citrate was associated with little smear layer remaining on dentine walls even in such a low concentration.

**Conclusions:** Under the experimental conditions for this study, Sodium Citrate demonstrate be effective in removing the smear layer and not affect microhardness on dentin.



## 1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo nació de la necesidad de contestar una pregunta a alguien muy curioso y el cual me impulsó para lograr conectar todas las dudas y convertirlas en respuestas, de aquí surgió la idea de implementar un nuevo agente quelante para su uso en odontología, principalmente en endodoncia, y observar su eficacia bajo el microscopio electrónico de barrido.

Se define como agente quelante a una sustancia capaz de remover los iones de calcio de alguna superficie, sustancia o material. La palabra proviene del vocablo griego “*khele*” que significa "garra".

Actualmente se conocen múltiples alternativas, si bien, desde un inicio no buscaba sustituir al quelante de mayor uso en endodoncia, pero sí crear una alternativa, que fuera eficaz, de bajo costo, menos tóxico y de mayor compatibilidad con los distintos irrigantes utilizados en ésta área. Y así introducir a la endodoncia un nuevo quelante.

El tratamiento de endodoncia consiste en la eliminación total del tejido pulpar, en el cual se extrae por completo el nervio de las raíces que la pieza a tratar posea, mediante el uso de instrumentos que se introducen en toda la longitud del conducto radicular y funcionan tocando sus paredes, aunado a una correcta conformación del conducto radicular para posteriormente recibir una obturación tridimensional, que aporte un buen sellado. Existe la utilización de soluciones irrigantes que nos facilitan la limpieza y desinfección de estos conductos.

Durante las últimas décadas se ha estudiado y establecido en endodoncia un protocolo de irrigación estandarizado cuyo objetivo principal consiste en la eliminación total de los restos de tejido orgánico del espacio radicular; así como la remoción de capas de dentina infectada en los conductos, ya que la finalidad de la terapia endodóntica es regresar la salud a una pieza dental afectada y así, seguir conservándola funcional en boca. El mejor agente desinfectante utilizado en endodoncia es el Hipoclorito de Sodio, el cual no

puede ser mezclado con los quelantes convencionales por su pH alcalino, porque pierde su eficacia antibacteriana y su poder de degradación de tejido.

El uso de un quelante es primordial al final de la instrumentación del tratamiento de endodoncia, ya que la instrumentación del conducto produce una capa de tejido inorgánico denominada barrillo dentinario y es de suma importancia que esta capa de barrillo o lodo dentinario sea removida; dejando los túbulos dentinarios permeables, asegurando una limpieza eficaz y así poder obtener un sellado correcto al momento de la obturación. Desde 1957 se ha incluido dentro del protocolo de desinfección de dentina, una irrigación final de EDTA (Ácido etilendiaminotetraacético), como ensanchador químico y agente desmineralizante, ya que reacciona con los iones de calcio de la dentina, uno de los mayores inconvenientes del EDTA es, el ser irritante con los tejidos periapicales; teniendo esto como precedente se continúa en la búsqueda de una alternativa eficaz más biocompatible.

Por lo tanto, en esta investigación se utilizará un conocido agente quelante de uso médico, industria farmacéutica y alimentaria; el Citrato de Sodio, en comparación con el EDTA (Ácido etilendiaminotetraacético) agente quelante que durante las últimas décadas ha sido estudiado en múltiples ocasiones y está comprobada su efectividad para la remoción de la capa de barrillo dentinario; en la presente tesis se observará mediante el Microscopio Electrónico de Barrido (MEB) el grado de limpieza producido por ambos quelantes, esperando obtener con esto, un quelante ideal y por ende un mejor tratamiento de conductos, más predecible a futuro.

## **2. HIPÓTESIS**

El Citrato de Sodio posee igual o mejor efecto quelante para la remoción del barrillo dentinario en comparación con el EDTA.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL:**

Se evaluó con el Microscopio Electrónico de Barrido la remoción de barrillo en los túbulos dentinarios con el uso de Citrato de Sodio y EDTA.

#### **3.2 OBJETIVOS PARTICULARES:**

Se analizó con el Microscopio Electrónico de Barrido el nivel de remoción de barrillo en los túbulos dentinarios con el uso de Citrato de Sodio.

Se identificó con el Microscopio Electrónico de Barrido el nivel de remoción de barrillo en los túbulos dentinarios con el uso de EDTA.

Se compararon los resultados obtenidos.

## **4. ANTECEDENTES**

### **4.1 CARIES**

La caries dental es una enfermedad oral, de alta prevalencia (Kalesinskas et al., 2014); es considerada una pandemia mundial (Peterson et al., 2014) a pesar de las actividades de prevención (Díaz-González, 2010); es un problema grave de salud pública (Suga et al., 2014), de origen multifactorial (Ingle et al., 2014). El patógeno responsable de la caries dental es *Streptococcus mutans*, (Nomura et al., 2014). Es una enfermedad crónica infectocontagiosa acumulativa (Medina-Solís et al., 2007). Por su alta morbilidad se encuentra entre las cinco enfermedades de mayor demanda de atención en los servicios de salud del país (NOM-013-SSA2-1994). Existe una relación entre el nivel socio-económico de la población y su atención dental (Qiu et al., 2014).

### **4.2 DENTINA Y PULPA**

La dentina es un tejido hidratado conformado de una amplia colección de tubulillos con extensiones de odontoblastos que se comunican con la pulpa dental (Scelza et al., 2016), (Garberoglio y Brännström, 1976). La composición de la dentina ha sido descrita con componentes orgánicos e inorgánicos, entre ellos el calcio (Ca) y el fósforo (P), presentes en los cristales de hidroxiapatita, éstos cristales son el mayor componente inorgánico de la dentina (Doğan H y Qalt S, 2001).

La pulpa es el órgano que provee al diente de vitalidad mediante componentes vasculares y nerviosos, y mantiene su fisiología normal, ya que tiene un gran contenido de células madre indiferenciadas (Kulan et al., 2016). También se encarga de la dentinogénesis, proceso dinámico que ocurre tanto en etapas de maduración como ante la reacción a injurias o estímulos, ya sean traumáticos o infecciosos como la caries (Aslantas et al., 2016), (Bruno et al., 2010).

#### **4.3 ENFERMEDAD PULPAR**

El odontólogo se enfrenta rutinariamente con dolores agudos, siendo el dolor pulpar el que más lleva a los pacientes a consulta de urgencia (Gaviria et al., 2012), donde el odontólogo debe decidir si salvar o sacrificar la pulpa dental (Ricucci et al., 2014).

Es una prioridad mantener la vitalidad dental (Mamaladze y Ustiashvili, 2010). Sin embargo, la presencia de microorganismos causa la enfermedad pulpar (Baumotte et al., 2011), hongos y virus contribuyen a la microbiota de infecciones endodónticas (Rodríguez y Oporto, 2014), aunque las bacterias son más comunes en estas infecciones, estudios demuestran que se han encontrado 460 tipos de bacterias de taxonomía diferente (Siqueria y Rocas, 2011).

Cualquier plan terapéutico tiene como objetivo eliminar y controlar las causas de la afección, los signos y síntomas (Moreno et al., 2011).

#### **4.4 INFECCIÓN ENDODÓNTICA**

Esencialmente la infección endodóntica, es la infección del conducto radicular y la etiología principal de la periodontitis apical, se desarrolla en ausencia de las defensas del huésped, como consecuencia de la necrosis pulpar por trauma, caries, enfermedad periodontal o por causas iatrogenias (Siqueira y Rocas, 2011), (Zehnder, 2006), (Takehashi et al., 1965).

Las principales vías de entrada de los microorganismos a la cavidad pulpar comprenden principalmente túbulos dentinarios expuestos (caries), cavidad abierta (desalojo de material de obturación), conductos laterales a través de enfermedad periodontal, falta de restauración, entre otros (Lakshmi et al., 2010). El *Enterococcus faecalis* es encontrado frecuentemente en el conducto radicular (Bailón et al., 2014) y ha ganado la atención endodóntica porque es encontrado en la mayoría de los casos de retratamiento, formando infecciones polimicrobianas, capaces de colonizar y causar lesiones periapicales, (Zehnder, 2006). La desinfección eficaz de todo el conducto, se logra en la preparación biomecánica, proceso durante el cual se elimina toda causa de infección (Gaspar et al., 2013), (Morago et al., 2016). Y la infección no puede ser subestimada (Zehnder, 2006).

#### **4.5 TRATAMIENTO ENDODÓNTICO**

El propósito del tratamiento de endodoncia es eliminar o al menos reducir el número de microorganismos (Byström et al., 1981), (Rocas et al., 2016) y remover el tejido pulpar inflamado, o necrótico; generalmente es una consecuencia de una caries no tratada (Rocas et al., 2015), (Bergenholtz, 1981) no siempre se logra debido a la complejidad anatómica (Prado et al., 2013), pero se debe de buscar crear un espacio para llevar las sustancias antimicrobianas (Zehnder, 2006). La meta es prevenir o tratar la periodontitis apical (Sundqvist G., 1976), básicamente el tratamiento endodóntico consiste en una limpieza químico-mecánica (Zehnder et al., 2005). El objetivo es eliminar bacterias presentes en los conductos radiculares infectados (Bailón et al., 2014) y aportar un buen

sellado tridimensional (Sen et al., 1995), (Kawashina et al., 2009), (Vemuri et al., 2016). La finalidad de la terapia endodóntica es regresar la salud a una pieza dental y así, seguir conservándola funcional en boca (Saini et al., 2013). Cuando el tratamiento endodóntico fracasa, generalmente está relacionado con una ineficiente remoción de microorganismos (Gonçalves et al., 2016).

#### **4.5.1 INSTRUMENTACIÓN DEL CONDUCTO**

La instrumentación correcta, consiste en una acción combinada de irrigación e instrumentación (Cruz-Filho et al., 2011), (Plotino et al., 2016), con la misión de eliminar bacterias y sus productos (Rocas et al., 2016), (Hülsmann et al., 2003), (Pawar et al., 2014). El éxito del tratamiento de conductos está estrechamente relacionado con la limpieza y conformación del conducto (Cruz et al., 2014), (Versiani et al., 2016), (Vemuri et al., 2016), pero no es cosa sencilla, ya que existe el riesgo de fractura de los instrumentos o errores de procedimiento (Zehnder, 2006), además de mantener la morfología anatomía original del conducto, siempre es un desafío (Whitbeck et al., 2015). Un paso decisivo es la conformación mecánica y la limpieza química de conductos radiculares y la eliminación de capas de dentina infectada de los conductos y así lograr un buen sellado (Morago et al., 2016), (Pawar et al., 2014). Limpiar y desinfectar el conducto radicular es la principal meta a obtener en un tratamiento de conductos, sin embargo, con la instrumentación se produce una capa delgada compuesta de tejido orgánico e inorgánico, la cual puede contener bacterias (Guidotti et al., 2014), (Morago et al., 2016), (Plotino et al., 2016) y necesita ser removida para lograr la desinfección que se desea con la instrumentación (Mahajan et al., 2010), (Prado et al., 2013, 2011), (Rossi-Fedele et al., 2012), (Silva et al., 2013), (Teixerira et al., 2005, 2003), (Zehnder, 2006).



#### **4.6 BARRILLO DENTINARIO**

Como se menciona anteriormente, el éxito de una endodoncia depende de la eficacia en su conformación y la limpieza brindada al conducto radicular (Torabinejad et al., 2002, 2003, 2005), (Mahajan et al., 2010), (Prado et al., 2013, 2011), (Rossi-Fedele et al., 2012), (Silva et al., 2013), (Teixerira et al., 2005, 2003), (Zehnder, 2006). Una adecuada conformación y limpieza está dada principalmente por una instrumentación químico-mecánica, sin embargo, la instrumentación y preparación de la cavidad, producen barrillo dentinario. La presencia del barrillo dentinario fue confirmada por primera vez por Boyde et al., 1963 y McComb y Smith en 1975 (Goldman et al., 1981) (Kumar et al., 2015), (Vemuri et al., 2016). Se denomina barrillo dentinario a la capa irregular amorfa que contiene restos de dentina inorgánica y material orgánico, como el tejido de la pulpa, dentina de reparación, restos necróticos y microorganismos (Sen et al., 1995), (Torabinejad et al., 2003), (Peters y Barbakow, 2000), (Vemuri et al., 2016) y algunos contaminantes inorgánicos no específicos (Çiçek E, Keskin Ö, 2015). Está formada por dos zonas: la primera de 1-2 micras de profundidad, que principalmente contiene tejido orgánico y la segunda, que se introduce hasta 40 micras en los túbulos dentinarios (Mader et al., 1984), (Teixeira et al., 2005), (Mahajan et al., 2010) que se compone de estructura dental y también puede alojar bacterias (Berutti et al., 1997). Se produce durante la instrumentación mecánica de un tratamiento de conductos y se aloja en las paredes del conducto radicular (Khalighinejad et al., 2013). Esta capa delgada al cubrir las paredes del conducto ocluye los túbulos dentinarios, impidiendo la limpieza de éstos; por lo que esta capa desfavorece la penetración de las soluciones irrigantes y disminuye el índice de éxito de la obturación (Prado et al., 2011), (Mahajan et al., 2010). Además, bloquea las paredes del conducto instrumentado y sirve como un reservorio de irritantes microbianos (Ahmetoglu et al., 2014) dificultando la difusión de la medicación intraconducto (Ørstavik y Haapasalo, 1990), lo que puede explicar el problema del “taponamiento” producido por el empaquetamiento (Aktener et al., 1989). Vista al microscopio se observa una superficie granular, amorfa e irregular (Sen et al., 1995). Su

importancia de remoción reside en que disminuye el poder antimicrobiano del hipoclorito (Morago et al., 2016).

#### **4.7 IRRIGANTES**

Las soluciones irrigantes deben de ser utilizadas durante y después de la instrumentación para incrementar la eficiencia de corte y ayudar a expulsar el debris (Perez et al., 2016). La eficacia de los irrigantes depende no solamente de la naturalidad química de la solución, también de la cantidad, temperatura, el tiempo de contacto, la profundidad de penetración de la aguja de irrigar, el calibre de la aguja, la fuerza que se le aplique a la jeringa con irrigante y la antigüedad de la solución (Perez et al., 2016), (Ingle 1985), (Sen et al., 1995).

El uso de un irrigante apropiado es esencial durante el tratamiento de endodoncia (Giardino et al., 2014), (Metzger et al., 2011). Es de suma importancia que el irrigante cumpla con la remoción de tejido orgánico, elimine el barrillo dentinario, microorganismos y biofilm (Haapasalo et al., 2014). Desafortunadamente, no existe ninguna solución sea capaz de remover simultáneamente la parte orgánica e inorgánica (Teixeira et al., 2005). Recientemente se han introducido diversos protocolos de irrigación con el objetivo principal de mejorar la desinfección del conducto radicular en las zonas inaccesibles (Mathew et al., 2014).

El irrigante (o la combinación de irrigantes) ideal elimina las bacterias, disuelve el tejido necrótico, lubrica el conducto, elimina la capa de barrillo dentinario y no irrita los tejidos, muchos autores recomiendan después de una irrigación durante todo el tratamiento con hipoclorito de sodio, una irrigación final con EDTA.

A continuación, se detallarán las soluciones más frecuentemente utilizadas en endodoncia; que son el Hipoclorito de Sodio (NaOCl) con su gran capacidad para disolver tejidos y su gran poder antimicrobiano y el EDTA que está demostrado en evidencia científica su eficacia para remover el barrillo dentinario; y se dará un panorama del Citrato de Sodio y otras sustancias con propiedades similares.

#### **4.7.1 DESINFECTANTES**

##### **4.7.1.1 HIPOCLORITO DE SODIO (NaOCl)**

A finales del siglo XIX en la Primera Guerra Mundial, el químico Henry Drysdale Dakin y el cirujano Alexis Carrel extendieron el uso de una solución de hipoclorito de sodio al 0.5% para la desinfección de heridas, observaron que era microbicida, virucida y esporicida, así como su capacidad para disolver tanto tejido necrótico como vital, se llamó solución de Dakin (Zehnder, 2006).

A finales del 1920 se sabía estas características del NaOCl y se convirtió en una nueva solución para los endodoncistas, además de ser barato, fácil de conseguir y poseer un buen tiempo de vida útil (Zehnder, 2006).

La capacidad de disolver tejidos del hipoclorito de sodio es bien conocida (Rubin et al., 1979) y se incrementa al aumentar su temperatura (Moorer and Wesselink, 1982), (Sen et al., 1995).

El hipoclorito de sodio es el irrigante por excelencia más utilizado en el mundo ya que es efectivo removiendo tejido orgánico y eliminando bacterias (Rocas et al., 2016), (Kolosowski et al., 2015), (Rossi-Fedele et al., 2012), (Metzger et al., 2011) y por ser aceptable su biocompatibilidad cuando está confinado al conducto (Kerbl et al., 2012). Es mundialmente empleado por endodoncistas durante la instrumentación, su eficacia depende de la concentración, temperatura, pH (que oscila entre 11-12) (Hülsmann y

Hahn, 2000), y las condiciones de almacenamiento, sus concentraciones varían desde el 0.5% a 5.25% (Zehnder, 2006, 2005), (Cruz-Filho et al., 2011), (Rossi-Fedele et al., 2012), (Haapasalo et al., 2014), aunque no hay una regla que indique a que concentración debe de utilizarse (Gonçalves et al., 2016). El mecanismo de acción del NaOCl se debe a su pH al interferir con la integridad de la membrana citoplásmica en una reacción de inhibición enzimática irreversible, causando una saponificación, neutralización de aminoácidos y cloraminación que se produce en presencia de microorganismos y tejido orgánico, actuando, así como disolvente de tejido orgánico, el cloro liberado se combina con el grupo amino y forma la cloramina, que interfiere con el metabolismo celular, la clorina unida a este compuesto le confiere su acción antimicrobiana (Kerbl et al., 2012), (Van Der Sluis et al., 2006) (Estrela et al., 2002). Una gran desventaja del hipoclorito de sodio es que tisularmente es muy tóxico y esto desarrolla una serie de complicaciones muy severas, cuando es apicalmente extruído, por eso se plantean diversas alternativas como la clorhexidina (Rocas et al., 2016). Además de producir daño a los módulos de fuerza flexural de la dentina, disminuyendo su flexibilidad (Zehnder, 2006), (Morago et al., 2016).

#### **4.7.1.2 CLORHEXIDINA (CHX)**

La Clorhexidina fue desarrollada a finales de 1940 (Zehnder, 2006).

Es una biguanida, que se disocia en agua, utilizada frecuentemente a concentraciones de 0.2 a 2% y un pH de 5.5 a 7.0, se encuentra en forma de gluconato de clorhexidina (Rossi-Fedele et al., 2012), (Rahimi et al., 2014). Es una base fuerte y estable (Zehnder, 2006).

Es utilizada al 2% generalmente para controlar la placa dentobacteriana en la enfermedad periodontal y como irrigante en endodoncia como alternativa al hipoclorito de sodio (Rocas et al., 2016) o como medicamento intraconducto al ser eficaz contra el *Enterococcus faecalis* (Rahimi et al., 2014). Ha sido propuesta como un irrigante

prometedor, es el segundo irrigante más utilizado en el tratamiento de conductos, es una solución antimicrobiana que tiene sustentividad, es decir que es de liberación prolongada (Kolosowski et al., 2015). Su desventaja principal es que no disuelve el tejido orgánico (Gonçalves et al., 2016) (Rocas et al., 2016). Y no debe de mezclarse con el hipoclorito de sodio ya que produce un precipitado mutagénico de color naranja-café, llamado paracloroanilina, resultado de la oxidación de la guanidina (Prado et al., 2013), (Rossi-Fedele et al., 2012).

#### **4.7.2 AGENTES QUELANTES**

La quelación es un proceso físico-químico que estimula la captación de iones positivos multivalentes por sustancias químicas específicas. Específicamente en el caso de la raíz del diente, la dentina, esta sustancia reacciona con los iones de calcio de los cristales de hidroxiapatita (De-Deus et al., 2006).

Los agentes quelantes fueron introducidos en endodoncia en 1957 por el Dr. Nygaard-Ostby (De-Deus et al., 2006), (Cruz-Filho et al., 2011), (Zehnder, 2006, 2005), (Hülsmann et al., 2003), (Whitbeck et al., 2015). Un quelante ideal, debería de remover del conducto los restos inorgánicos tanto como orgánicos de la superficie dentinal, sin causar efectos dañinos (Lotfi et al., 2012), (Haapasalo et al., 2014). Los agentes quelantes inducen a cambios en la estructura dental y en los niveles de iones calcio y fósforo de la dentina (Rotstein et al., 1996), (Machado-Silveiro et al., 2004). No deben de ser mezclados con el hipoclorito, por que reducen su nivel de clorina, lo que le confiere su poder antimicrobiano (Zehnder, 2006).

##### **4.7.2.1 MTAD**

Biopure (DENTSPLY) también conocido como MTAD (es una mezcla de isómero de tetraciclina, ácido y detergente) es una solución irrigante que contiene doxiciclina, ácido cítrico y un detergente (Torabinejad et al., 2003), (Mahajan et al., 2010). Es una innovadora mejoría a la eliminación simultánea del barrillo dentinario, restos inorgánicos y desinfección de los conductos; y además es biocompatible (Lotfi et al., 2012). Constantemente se desarrollan productos químicos y sus combinaciones basadas en antibióticos. Sin embargo, no logra destruir la biopelícula. Es utilizado como irrigante final (Çiçek E, Keskin Ö, 2015).

El ácido cítrico del MTAD elimina eficazmente el barrillo dentinario (Rahimi et al., 2014) y la solución de tetraciclina se ha observado que tiene afinidad por los iones de calcio del barrillo dentinario (Kumar et al., 2015), BioPure MTAD es más agresivo en la erosión de la dentina que el EDTA, es necesario añadir NaOCl para disolver la materia orgánica cuando se utiliza EDTA (Metzger et al., 2011). Diversos estudios demuestran que es menos tóxico que el eugenol y el hidróxido de calcio, pero es más citotóxico que el hipoclorito a bajas concentraciones (menores a 2.6%) (Rahimi et al., 2014).

#### **4.7.2.2 ÁCIDO ETILENDIAMINOTETRAACÉTICO (EDTA)**

Es un quelante desmineralizante más comúnmente utilizado para remover la capa de barrillo dentinario alojado en las paredes del conducto después de ser instrumentado (Kolosowski et al, 2015). Es el quelante número uno en endodoncia (Çiçek E, Keskin Ö, 2015). McComb y Smith propusieron la idea de utilizar un ácido para la remoción de barrillo dentinario (Torabinejad et al., 2002) (Kumar et al., 2015).

El EDTA comenzó a usarse en endodoncia durante 1957 por Nygaard-Ostby inicialmente para la preparación de conductos estrechos o calcificados y fue el primer quelante utilizado en la odontología (De-Deus et al., 2006), (Cruz-Filho et al., 2011) (Whitbeck et al., 2015), los quelantes como el EDTA crean un complejo de calcio estable con el barrillo dentinario, la capa de detritos y los depósitos cálcicos a lo largo de

las paredes de los conductos. Ayuda a prevenir el bloqueo apical, contribuye a la desinfección, mejora la difusión de las soluciones al eliminar la capa de barrillo dentinario (Metzger et al., 2011).

El EDTA es generalmente aceptado como el agente quelante más eficaz con propiedades lubricantes prominentes y se utiliza ampliamente en la terapia endodóntica (Darda et al., 2014). Se utiliza en porcentajes desde el 10% hasta el 17% (Rossi-Fedele et al., 2012).

El efecto de los quelantes sobre los conductos calcificados, tortuosos y estrechos para establecer la permeabilidad depende de la amplitud del conducto y de la cantidad de sustancia activa disponible cuando continúa el proceso de desmineralización hasta que todas las moléculas del quelante han formado complejos de calcio (De-Deus et al., 2006), (Zehnder et al., 2005). El EDTA pierde eficacia en un medio ácido, así que se cree que la acción del EDTA es auto limitada. El cloro, la sustancia activa del NaOCl es inactivada por el EDTA (Rossi-Fedele et al., 2012), (Prado et al., 2013) (Whitbeck et al., 2015).

El EDTA debe de utilizarse como irrigante final del procedimiento para eliminar el barrillo dentinario. Se encuentra disponible en gel, líquido y pasta; y sus concentraciones varían entre el 15-17% (Hülsmann et al., 2003), (Metzger et al., 2011). El EDTA líquido al 17% muestra un grado más alto de descalcificación de las superficies de dentina que el EDTA en gel (Metzger et al., 2011).

Se han buscado alternativas de quelantes menos irritantes con los tejidos periapicales y más biocompatibles que el EDTA (Silva et al., 2013). También se consideran razones ambientales ya que los niveles de EDTA en el agua de ríos y lagos cada vez se incrementan y éste no es originalmente encontrado en la naturaleza, lo que puede considerarse como un contaminante ambiental (Spanó et al., 2009), (Nassar et al., 2015).

#### 4.7.2.3 ÁCIDO CÍTRICO

Muchos ácidos débiles se han evaluado, tal como el ácido cítrico y el vinagre de manzana (Haznedaroğlu, 2003).

El ácido cítrico es el segundo quelante más utilizado a diferentes concentraciones (Machado-Silveiro et al., 2004), tiene un pH que varía de 1.2 a 7.2 y predominantemente reacciona con los iones de calcio de la dentina (Hannequin et al., 1994). Es un ácido orgánico utilizado en endodoncia a concentraciones que oscilan desde 10% hasta 50%. Se recomienda no mezclarse con la clorhexidina por que produce un precipitado “lechoso” (Rossi-Fedele et al., 2012), (Prado et al., 2015).

Su estructura química es C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub> (PubChem)

Por ser un ácido orgánico y ser efectivo removiendo el barrillo dentinario a bajo porcentaje, hace que sea menos irritante para los tejidos periapicales (Machado-Silveiro et al., 2004), (Kumar et al., 2016). El ácido cítrico reacciona rápidamente, secuestrando los iones de calcio y tiene relativamente muy baja toxicidad (Papagianni, 2007) y es bien conocido por poseer actividades antimicrobianas (Yamaguchi et al., 1996).

En búsqueda de un quelante más biocompatible se ha probado el quitosán “*chitosan*”, como nueva alternativa, se sabe que éste es agente quelante utilizado en la industria metalúrgica y que es un polisacárido obtenido del caparazón de los cangrejos y la corteza del camarón, lo que ha llamado la atención en la odontología, por ser biocompatible, biodegradable, bioadherible y carecer de toxicidad (Silva et al., 2013).

#### 4.7.2.4 CITRATO DE SODIO

CITRATO DE SODIO DIHIDRATADO

SINÓNIMOS: Citrato Trisódico.



Químicamente, los citratos de sodio son sales sódicas del ácido cítrico que es un componente común de las células del cuerpo humano (Machado-Silveiro et al., 2004). El citrato es un gran metabolito intermediario del cuerpo, y forma un rol importante en el metabolismo y en otros procesos celulares tales como la inmunidad celular y la actividad antioxidante. El Citrato de Sodio es producido naturalmente y no es dañino para el cuerpo humano, es uno de los citratos importantes, es comúnmente utilizado como anticoagulante en hemodiálisis y para corregir la acidez de la sangre u orina (Ou et al., 2015)

Es empleado como regulador de acidez y como compuestos aromáticos comúnmente encontrados en gelatinas, carne procesada, helados, bebidas gaseosas, vinos, quesos procesados, básicamente usado como aditivo alimentario para añadir sabor al agua carbonatada o como preservante.

El Citrato de Sodio se utiliza en los tubos vacutainer para recolección de muestras de sangre, como anticoagulante, también es utilizado como alternativa a la heparina en catéteres (Passero et al., 2015), es importante saber que el citrato es rápidamente metabolizado en el hígado, músculo esquelético y riñón en bicarbonato de sodio (Michaud et al., 2001). Es la contraparte del ácido cítrico, pero en forma alcalina, aunque posee una acidez mínima, pero lo suficientemente efectiva para reaccionar con los iones de calcio (Machado-Silveiro et al., 2004).

Se ha demostrado que tiene efecto inhibitorio en el estrés del retículo endoplásmico del riñón y es efectivo en el tratamiento de falla renal crónica mostrando un efecto protector (Ou et al., 2015).

El Citrato de Sodio tiene su pH cercano a neutro, lo que puede hacer que sea más efectivo en la descalcificación de dentina, ya que la disolución es reducida a un pH bajo (Machado-Silveiro et al., 2004). Se demostró que de todos los quelantes EDTA, ácido cítrico, MTAD y variaciones del EDTA, el Citrato de Sodio al 10% no causa reducción de la microdureza de la dentina (Cruz-Filho et al., 2011).

FÓRMULA: C6H9Na3O9 (PubChem)

PESO MOLECULAR: 294.099568 g/mol

DESCRIPCIÓN: Polvo gránulos o cristales blancos, inoloros. De sabor salino. Es estable en el aire, se torna anhidro a 150° C.

SOLUBILIDAD: Soluble en 1.3 partes de agua, 0.6 partes de agua hirviendo; insoluble en alcohol.

pH: La solución acuosa es ligeramente alcalina al tornasol, pH aproximadamente 8.

TOXICIDAD: DL 50 por vía intraperitoneal en ratas: 1.76 g/kg.

USOS: En fotografía, como agente secuestrante para remover trazas de metales, para prevenir la coagulación de la sangre; en quesos especiales.

USO MÉDICO: Alcalinizante urinario y sistémico, diurético, expectorante, sudorífico, anticoagulante in vitro. Se ha empleado en envenenamiento por plomo, y en forunculosis, también se emplea como expectorante.

DOSIS: Oral como alcalinizante 1 g.

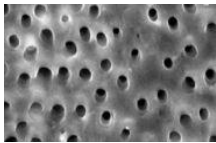
USO VETERINARIO: Anticoagulante para la colección de sangre.

ALMACENAMIENTO: En recipientes bien cerrados. (Fullerton et al., 1968).

## 5. MARCO DE REFERENCIA

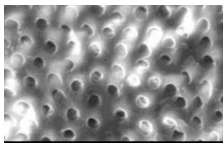
Torabinejad et al., en su artículo publicado en el 2003 evaluaron la eficacia de distintas concentraciones del Hipoclorito de Sodio y la capacidad del MTAD pues se sabe del uso de varios ácidos orgánicos para la remoción de barrillo dentinario, las muestras fueron evaluadas mediante el Microscopio Electrónico de Barrido para observar la presencia o ausencia del barrillo dentinario y medir el grado de erosión en la superficie de la dentina; éstas se codificaron y analizaron de manera ciega, tres investigadores clasificaron la presencia o ausencia de la capa de barrillo en los túbulos dentinarios en los tercios coronal, medio y apical de acuerdo al siguiente criterio:

**1** = No barrillo dentinario. Ausencia de barrillo en la superficie, los túbulos están limpios y abiertos.



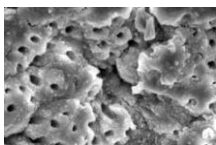
**Ausente**

**2** = Moderado. Poco barrillo dentinario en la superficie del conducto, pero aún contenían debris.



**Moderado**

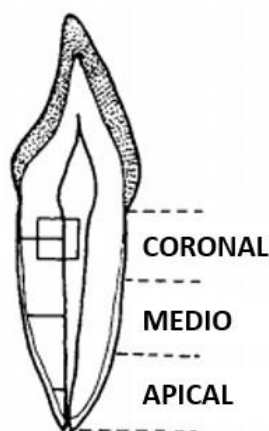
**3** = Severo. Barrillo dentinario cubriendo la mayor parte de los túbulos dentinarios y de la superficie del conducto.



**Severo**

El propósito de dicho estudio fue evaluar la eliminación del barrillo dentinario, utilizando 5ml de MTAD y EDTA como irrigante final en 48 piezas de humano de un solo conducto; irrigación convencional con NaOCl al 5.25%, instrumentación rotatoria con taper 0.04 con limas de níquel titanio; los resultados mostraron que el MTAD es un irrigante efectivo removiendo el barrillo dentinario y no presenta cambios significativos en la superficie dentinal al ser utilizado como irrigante final alternado con hipoclorito de sodio.

Al igual que Hennequin et al., 1994 se dividió la raíz dental, para observar el conducto radicular bajo el microscopio, según el siguiente esquema, eliminando la corona del diente:



Este mismo criterio de evaluación (barrillo dentinario ausente, moderado y severo) también fue empleado por Mahajan et al., 2010 y por Teixeira et al., en su estudio del 2005, donde observaban bajo el microscopio electrónico de barrido el grado de limpieza obtenido tras la utilización de Hipoclorito de Sodio y EDTA a diversos tiempos. Ahí se establece que el tiempo ideal de colocación del EDTA es de 1-3 minutos; mayor a 5 minutos causa grietas y daña los calcosferitos de la predentina. Este estudio se realizó mediante el Microscopio Electrónico de Barrido para observar la influencia que tiene el irrigar con EDTA e hipoclorito de sodio para remover el barrillo dentinario; en su

metodología utilizaron EDTA al 15%, a diferentes tiempos: 1 minuto, 3 minutos, 5 minutos. Se clasificaron en 4 grupos, donde al grupo control no se le administraba EDTA como irrigante final, los dientes utilizados se seccionaron longitudinalmente y posteriormente fueron observados bajo el Microscopio Electrónico de Barrido y divididos por tercios: cervical, medio y apical para ver el barrillo dentinario remanente. Se analizaron mediante la prueba Kruskal-Wallis y Conover-Inman.

Sus resultados fueron favorables en cuanto a los tercios cervical y medio, pero el tercio apical estaba parcialmente cubierto de barrillo dentinario; particularmente los que fueron irrigados durante 1 minuto, aunque no hubo una comparación significativa en cuanto a los otros grupos. La prueba de Kruskal-Wallis no obtuvo diferencias significativas, dando un valor  $P > 0.05$ .

Ellos concluyeron que irrigar con EDTA durante 1-3 minutos al final de una instrumentación alternada con NaOCl fue igualmente efectivo para remover el barrillo dentinario.

Mencionado anteriormente Mahajan et al. en su estudio realizado en el 2010 evaluaron y compararon la habilidad de una mezcla de isómero de tetraciclina, ácido cítrico y detergente (MTAD) y el ácido etilendiaminotetracético (EDTA) en remover barrillo dentinario; emplearon el protocolo convencional de irrigación en 30 piezas recientemente extraídas de humanos, de una sola raíz; y escanearon la superficie con el Microscopio Electrónico de Barrido para ver el grado de erosión que al eliminar el barrillo provoquen daño excesivo en la dentina, concluyeron que el MTAD fue más efectivo en remover el barrillo dentinario en el tercio apical y no cambiaron la superficie dentinal.

Khalighinejad et al. en su estudio experimental publicado en el 2013 compararon la eficacia del ácido fosfórico al 6%, EDTA al 17% y ácido maleíco al 5% en la eliminación del barrillo dentinario analizado por medio del Microscopio Electrónico de

Barrido. Dentro de sus materiales y métodos se incluyeron ochenta dientes recientemente extraídos; con criterios de inclusión como ápices maduros, conductos rectos, dichas piezas fueron extraídas por razones protésicas y periodontales, se almacenaron en solución salina y se excluyeron las piezas que presentaran calcificación o reabsorción visible radiográficamente, con tratamiento endodental previo. Nassar et al., 2015 utilizaron raíces de 3eras molares seccionadas para utilizarlas como piezas unirradiculares. Khalighinejad et al., 2013 eliminó la corona de los dientes y posteriormente fueron asignados al azar en los tres grupos experimentales (EDTA, ácido maleíco, ácido fosfórico) y un grupo control (hipoclorito de sodio). Las longitudes de trabajo fueron tomadas con lima K #15, después se les colocó cera en el foramen para sellarlo y simular la condición in vivo, se instrumentaron mediante la técnica “step back”, ampliándose hasta una lima K #40 y con fresas Gates-Glidden; para controlar la manipulación del barrillo dentinario, todos los instrumentos fueron cambiados después de preparar 10 conductos; se empleó irrigación con hipoclorito de sodio 1ml al 5.25% después de cada instrumentación, para la irrigación final se utilizó una jeringa que alcanzara la longitud de trabajo; acompañado de un movimiento de cepillado que fuera desde apical hasta coronal; se irrigó según el grupo la solución; durante 1 minuto equitativamente, finalmente se enjuagaron con agua destilada, para evitar formación de precipitados; se secó con puntas de papel y se selló la cavidad de acceso con una torunda de algodón. Se dividieron las raíces en mitades lingual y bucal con la ayuda de un cincel previamente marcando una muesca longitudinalmente, sin tocar el conducto. Se observó la eliminación de barrillo dentinario en apical, medio y coronal. Los datos fueron analizados utilizando la prueba de Kruskal-Wallis y Mann-Whitney. Además, se utilizaron pruebas de Friedman y Wilcoxon para comparar diferentes secciones de cada grupo. Según sus resultados no hubo diferencia significativa entre los tres grupos experimentales. Dichos resultados serían clasificados empleando un sistema introducido por Khademi et al., 2006:

1. La superficie presenta barrillo dentinario y debris.
2. La superficie presenta barrillo dentinario, y se observa un poco de debris.

3. La superficie está limpia, pero se observa debris y barrillo dentinario disperso.
4. La superficie está limpia, pero se puede percibir algo de barrillo dentinario y debris.
5. La superficie limpia es mayor que la superficie contaminada.
6. Casi la mitad de barrillo y debris se eliminaron.
7. La mayor parte de barrillo y debris están presentes.
8. La superficie está completamente cubierta de debris y barrillo dentinario.

Todos los irrigantes probados fueron capaces de eliminar la capa de barrillo dentinal con un valor  $P > 0.05$  de margen de error. Además, no había una diferencia significativa entre las diferentes regiones de conductos de la raíz en todos los grupos experimentales, excepto en el grupo de ácido fosfórico. Concluyeron que la eficacia de EDTA, ácido maleíco y ácido fosfórico es comparable y todos ellos son eficaces eliminando al barrillo dentinario, sin embargo, la erosión que provoca el ácido fosfórico es mucho menor, que el provocado por el EDTA al 15%. El objetivo de este estudio fue evaluar mediante Microscopía Electrónica de Barrido la eficacia del ácido fosfórico al 35% en gel, 24% EDTA en gel y gel de ácido cítrico al 10%; en la remoción de barrillo dentinario en obturaciones retrógradas practicadas en apicectomías con el uso del ultrasonido.

Para la eliminación de la capa de barrillo dentinario de las paredes del conducto radicular, el ácido etilendiaminotetracético (EDTA) es un buen agente quelante, y su eficacia depende de muchos factores tales como su pH, concentración, duración de la aplicación, tipo de solución. El objetivo del estudio de Poudyal y Wei-Hong en el 2012 fue evaluar con el Microscópio Electrónico de Barrido la eficacia del EDTA en gel al 19% en cuanto a la eliminación de barrillo dentinario en diferentes períodos de tiempo cuando se usa como irrigante final.

Recientemente Srinivasan et al. en el 2014 en su estudio sobre la remoción de barrillo dentinario, también hicieron una clasificación basada en lo que observaron con el Microscopio Electrónico de Barrido, apoyándose en los parámetros de Hulsmann et al., 1997; que son los siguientes:

1. Túbulos dentinarios completamente abiertos.
2. Más del 50% de túbulos abiertos.
3. Menos del 50% de túbulos abiertos.
4. Casi todos los túbulos dentinarios presentan barrillo dentinario.

Andrabi et al. en el 2012, compararon la eficacia de remoción de barrillo dentinario, alternando entre NaOCl 3%, SmearClear EDTA 17%, BioPureMTAD, empleando una técnica de irrigación convencional; ellos prepararon los dientes con el sistema ProTaper hasta F3, y tomaron 5 grupos con las soluciones antes mencionadas agregando como grupo control agua destilada, posterior a la irrigación final, removieron la corona de los dientes y los seccionaron longitudinalmente en 2 mitades y se observaron bajo el Microscopio Electrónico de Barrido para evaluar el grado de remoción de barrillo; los datos obtenidos se analizaron con la prueba Kruskal-Wallis y Mann-Whitney U. Como resultados obtuvieron que el BioPureMTAD fue el agente quelante más efectivo, con un valor  $P < 0.05$ .

Scelza et al., en el 2000, utilizaron una irrigación de NaOCl al 1%, con solución irrigante intermedia de agua destilada, y compararon el grado quelante del EDTA al 15% y el ácido cítrico al 10%; utilizando como control al Agua Oxigenada; observando las muestras bajo el Microscopio Electrónico de Barrido y notaron que no había diferencia significativa entre el EDTA y el Ácido cítrico; pero sí gran diferencia significativa con el uso de Agua Oxigenada.



En el estudio de Cruz-Filho et al., 2011 la cantidad de 50µL de irrigante es llevado directamente al conducto utilizando una micropipeta, llenando la extensión del conducto y posterior a 5 minutos, son enjuagados por hipoclorito de sodio al 1%.

Silva et al., en su artículo del 2013, buscaban una nueva solución quelante que fuera más biocompatible con los tejidos periapicales que el EDTA y que provocara menos erosión dañina en la dentina. También consideraron razones ambientales para otra alternativa, ya que los niveles de EDTA en el agua de ríos y lagos cada vez se incrementan y no es originalmente encontrado en la naturaleza, así que puede considerarse como un contaminante ambiental. Nassar et al., 2015 mencionan que es bien sabido que el EDTA se utiliza en la industria cosmética en porcentajes menores al 2%; ya que no es biodegradable, se busca un quelante más biocompatible que reemplace al EDTA.

## **6. MATERIALES Y MÉTODOS**

Se seleccionaron 22 piezas unirradiculares recién extraídas del humano.

### **Descripción de procedimientos.**

La investigación se realizó con material y equipo del Posgrado de Endodoncia de la Facultad de Odontología (Figura 28) y el Microscopio Electrónico de Barrido (Figura 31) del Centro de Investigación e Innovación en Ingeniería Aeronáutica de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (Figura 30) ambos pertenecientes a la Universidad Autónoma de Nuevo León.

### **Etapas I: Selección de la Muestra.**

Se utilizaron 22 piezas unirradiculares extraídos de humano, que cumplieron con los Criterios de Selección (Figura 23).

Se conservaron en solución salina después de su extracción, para evitar cualquier efecto que pudiera disolver el tejido orgánico, y se distribuyeron todas las muestras aleatoriamente en tres grupos experimentales de 10 dientes cada uno para EDTA y Citrato de Sodio, y un grupo control positivo de 2 muestras.

### **Etapas II: Preparación de los Especímenes.**

Una vez seleccionadas las muestras dentro de cada grupo experimental, la manipulación se realizó con instrumentos nuevos y estériles para no alterar los resultados.

Las piezas fueron marcadas en la unión cemento-esmalte, para retirar la corona clínica (Figura 24). Se decoronaron las piezas con un disco de diamante en pieza de mano de baja velocidad (Figura 25), se localizó el conducto y se patentizó con una lima tipo K #10, se tomó la longitud de trabajo a 1mm del foramen apical clínico, y se instrumentó hasta la lima #15, ya que para este experimento se utilizó la técnica rotatoria TFAdaptive SybronEndo y es así como lo indica el fabricante, se trabajó con el motor Elements de SybronEndo en su función preestablecida para dicho sistema de limas. El foramen apical de cada raíz fue sellado con silicona pesada para simular la presión apical in vivo y prevenir que las soluciones se extruyeran (Figura 26).

Se instrumentaron con la técnica antes mencionada en el orden del fabricante: SM1 (20/.04), SM2 (25/.06), SM3 (35/.04), ML1 (25/.08), ML2 (35/.06) y se terminó en ML3 (50/.04), para que el conducto tuviera un diámetro adecuado, el cual permitió que el irrigante se llevara sin problema; durante cada instrumento se irrigó con hipoclorito de sodio (NaOCl al 5.25%) para cada órgano dental se utilizaron instrumentos nuevos; y el conducto se mantuvo lubricado todo el tiempo, una vez finalizada la preparación y conformación del conducto, se secó con puntas de papel ML3 (50/.04), se irrigó con suero para evitar cualquier efecto no deseado que alterara los resultados, se secó nuevamente y se llevó el quelante para cada grupo experimental durante 2 minutos y el grupo control se finalizó después de la colocación del suero.

Para el grupo experimental con EDTA 17% (SmearClear, SybronEndo) se utilizó una jeringa nueva y estéril para introducirlo al envase del SmearClear, posteriormente se colocó la jeringa EndoEze (Ultradent) y se llevaron 2ml del quelante al conducto, se dejó actuar durante 2 minutos, se irrigó con suero para inhibir algún efecto remanente y se secó con puntas de papel ML3 del sistema TFAdaptive, una vez teniendo totalmente seco el conducto se introdujo una punta de papel en el conducto para posteriormente realizar el corte sin que se contaminara la superficie a examinar. La porción coronal se selló con una torunda de algodón. (Figura 27)

Para el grupo experimental con Citrato de Sodio 3.2% se empleó una jeringa nueva y estéril para introducirla al frasco del vacutainer (Figura 27) de donde se obtuvo el quelante, igualmente el irrigante fue llevado con una jeringa EndoEze (Ultradent) y se

colocaron 2ml de quelante en el conducto durante 2 minutos, finalmente se irrigó con suero y el conducto fue secado con puntas de papel, manteniendo una punta intraconducto para a continuación efectuar el corte longitudinal y obtener 2 mitades. De la misma manera, la porción coronal, se selló con una torunda pequeña de algodón

### **Etapas III: Sección de las Piezas**

Habiendo trabajado la porción de raíz remanente, se colocó una punta de papel en los tres grupos experimentales, para realizar el corte sin afectar el conducto; fueron marcados unos puntos en el lado mesial y distal de la superficie radicular y se realizó el corte con un disco de diamante flexible en toda la longitud sin tocar el conducto, la división de las mitades se llevó a cabo con una espátula Hollembach (Hu-Friedy); para obtener así 2 mitades anterior y posterior de las piezas dentales (Figura 29). Las muestras fueron almacenadas en bolsas para esterilizar (sin llevar a cabo el proceso de esterilizado) esto con el objetivo de evitar un daño de la superficie radicular.

### **Etapas IV: Evaluación Microscópica**

Esta etapa fue realizada en el Centro de Investigación e Innovación en Ingeniería Aeronáutica “CIIIA” de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica “FIME” de la Universidad Autónoma de Nuevo León (Figura 30).

Para que las muestras pudieran ser observadas bajo el Microscopio Electrónico de Barrido (Figura 31) fue necesario un revestimiento de una capa de sales de oro-paladio, es importante saber que para la realización de este paso del recubrimiento de sales, las muestras debieron de estar completamente libres de humedad; se colocaron las muestras en un portaobjetos metálico (Figura 32), especialmente prediseñado para el MEB mediante una cinta doble cara son sujetadas, a las piezas se les identificó mediante la colocación de un número con un marcador especial para ayudar a la transferencia de electrones y también se les marcó con unas líneas para dividir en tercios “coronal, medio y apical” y se colocaron en una centrífuga (Figura 33) cuya función fue la creación de

vacío y posteriormente el recubrimiento con las sales; este paso fue realizado por el personal del laboratorio del CIIIA y tardó aproximadamente 20 minutos (Figura 34).

Una vez bañadas las muestras, fueron llevadas al MEB, se colocó el portaobjetos con las piezas previamente revestidas de sales oro-paladio, para la transmisión de los electrones y lectura iónica en la base del filamento del MEB (Figura 35), se examinaron los conductos radiculares en 3 puntos equidistantes, se tomó como referencia los puntos: “coronal, medio y apical”, previamente señalizados con un marcador.

Se tomaron fotografías de los tres puntos de la superficie (coronal, medio y apical) a diferentes aumentos, se seleccionó el aumento 500X como nuestro objetivo a ser estudiado, ya que a ese aumento se visualizaba tanto los túbulos dentinarios, como un panorama de la superficie del conducto radicular (Figura 36).

Fueron evaluadas cualitativamente a simple ciego por dos examinadores endodoncistas ajenos al estudio para observar la permeabilidad de túbulos dentinarios clasificando la presencia de capa residual de barrillo dentinario en la superficie del conducto radicular de acuerdo el criterio implementado por Torabinejad et al., en el 2003.

Los datos se vaciaron en tablas diseñadas específicamente para cada grupo.

## **7. RESULTADOS**

Se utilizó la prueba de chi cuadrada, la cual fue evaluada con un 95% de confiabilidad.

Su cálculo se realizó por medio de una tabla de contingencia o tabulación cruzada para las dos variables.

Se utilizó para evaluar la relación entre el grado de limpieza de los conductos dependiendo del tipo de quelante empleado y se determinó que el Citrato de Sodio obtuvo un mayor grado de limpieza en comparación con el EDTA.

Los datos fueron capturados en una base de datos en el programa IBM Statistics 22 con el que se realizaron tablas de frecuencia de dos variables. Para algunos procedimientos estadísticos de clasificación y manejo de base de datos fue empleado el programa Microsoft Excel 2010.

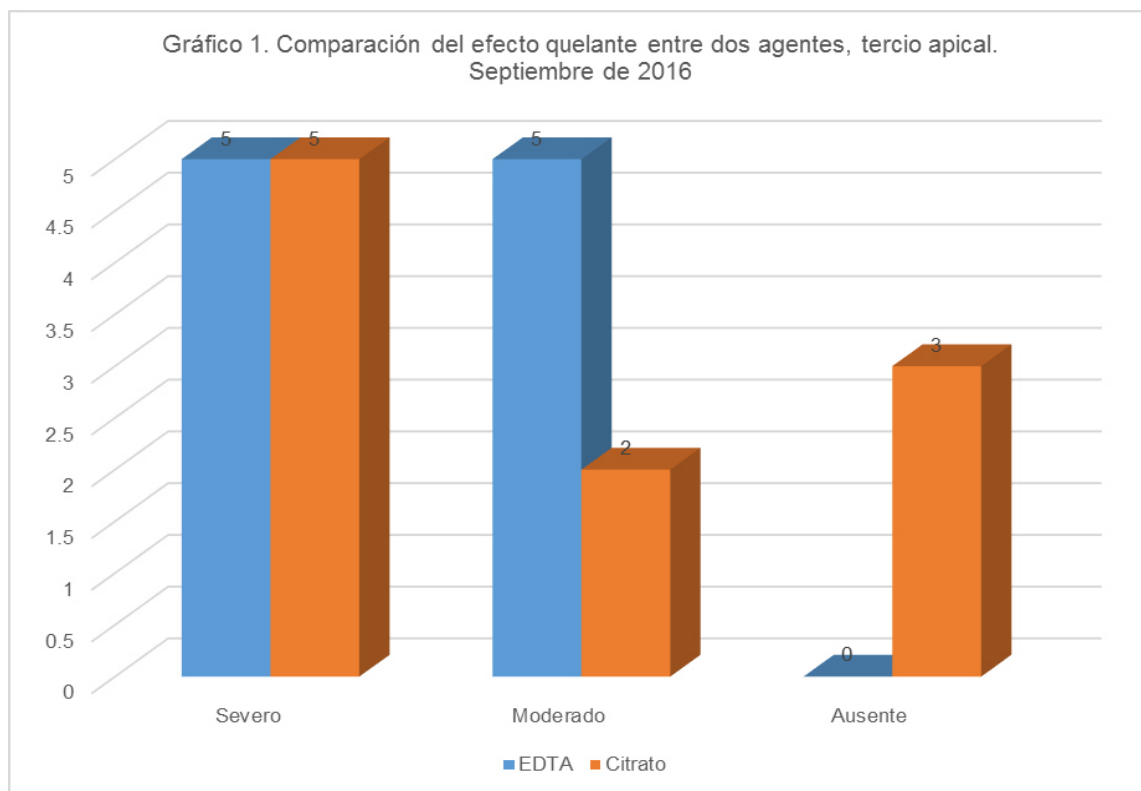
**Tabla 1.**

*Comparación del efecto quelante entre dos agentes, tercio apical. Septiembre de 2016*

	EDTA		Citrato de Sodio		Total	
	N	%	n	%	n	%
Severo	5	50.00	5	50.00	10	50.00
Moderado	5	50.00	2	20.00	7	35.00
Ausente	0	0.00	3	30.00	3	15.00
Total	10	100	10	100	20	100

$\chi^2=4.28$ ,  $p=0.1173$

**Ilustración 1**



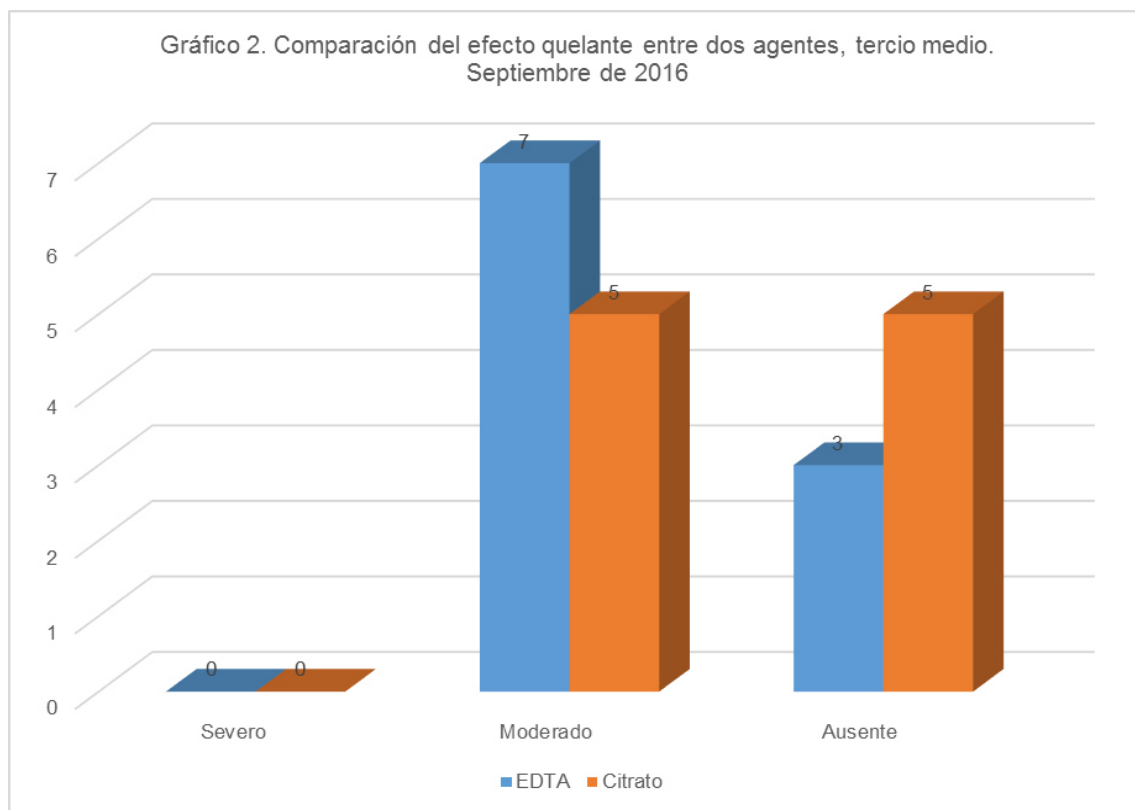
**Tabla 2.**

*Comparación del efecto quelante entre dos agentes, tercio medio Septiembre de 2016*

	EDTA		Citrato de Sodio		Total	
	N	%	n	%	n	%
Severo	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Moderado	7	70.00	5	50.00	12	60.00
Ausente	3	30.00	5	50.00	8	40.00
Total	10	100	10	100	20	100

$X^2=0.2080$ ,  $p=0.9012$

**Ilustración 2**





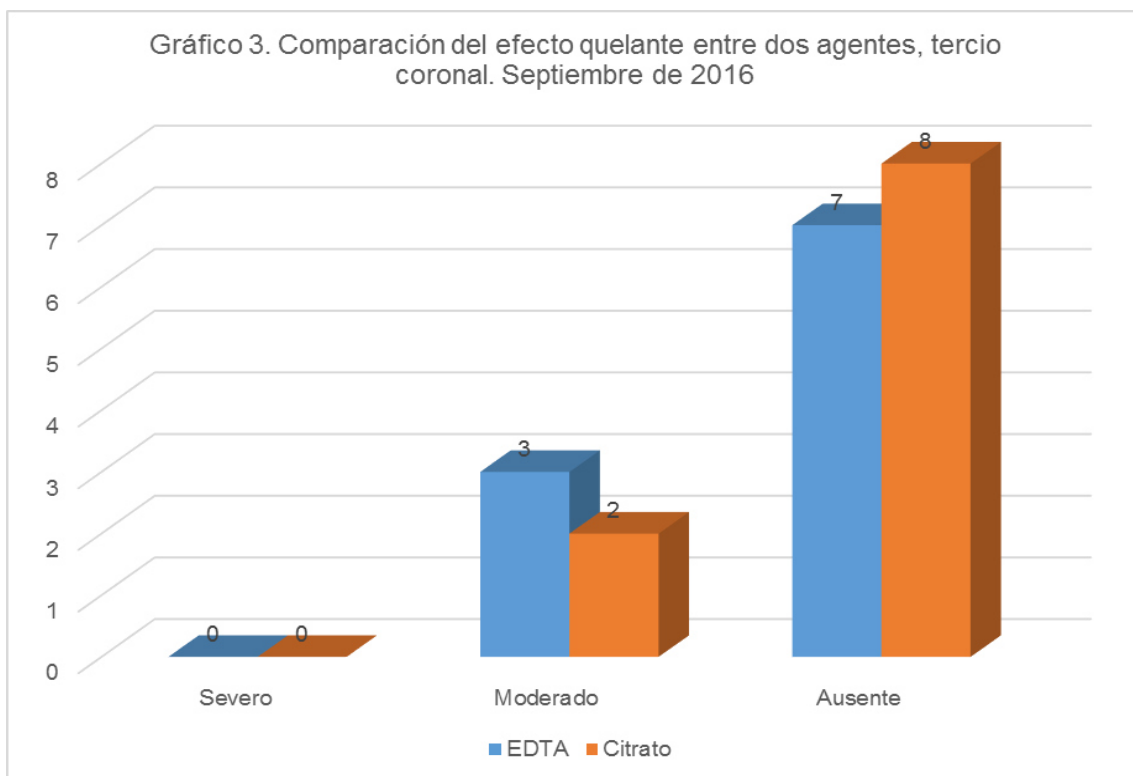
**Tabla 3.**

*Comparación del efecto quelante entre dos agentes, tercio coronal.  
Septiembre de 2016*

	EDTA		Citrato de Sodio		Total	
	N	%	n	%	n	%
Severo	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Moderado	3	30.00	2	20.00	5	25.00
Ausente	7	70.00	8	80.00	15	75.00
Total	10	100	10	100	20	100

X<sup>2</sup>=0.00, p=1

**Ilustración 3**



## 8. DISCUSIÓN

Las soluciones irrigantes deben de ser utilizadas durante y después de la instrumentación para incrementar la eficiencia de corte y ayudar a expulsar el debris (Perez et al., 2016). La eficacia de los irrigantes depende no solamente de la naturalidad química de la solución, también de la cantidad, temperatura, el tiempo de contacto, la profundidad de penetración de la aguja de irrigar, el calibre de la aguja, la fuerza que se le aplique a la jeringa con irrigante y la antigüedad de la solución (Perez et al., 2016; Ingle 1985; Sen et al., 1995).

Los agentes quelantes son parte integral del tratamiento de endodoncia, la elección de una solución irrigante debe englobar una serie de características esenciales para obtener el éxito deseado (Nassar et al., 2015; Giardino et al., 2014; Teixeira et al., 2005; Zehnder, 2006, 2005; Passero et al., 2015).

Además de la importancia que tiene la remoción del barrillo dentinario, ya que disminuye el poder antimicrobiano del Hipoclorito de Sodio (Morago et al., 2016)

Diversos estudios muestran interés en continuar en la búsqueda de un agente quelante que sea efectivo removiendo la capa de barrillo dentinario, así como, en la descalcificación de la dentina; de menor costo, que sea biocompatible, biodegradable, de baja citotoxicidad y no tóxico para el ambiente (Silva et al., 2012; Nassar et al., 2015; Spano et al., 2009).

En el presente estudio se demostró que el Citrato de Sodio sí presenta efecto quelante al remover el barrillo dentinario de la superficie radicular instrumentada, congeniando así con lo mencionado por Spano et al., 2009; es un quelante efectivo al reaccionar con los iones de calcio y descalcificante de la dentina gracias a su pH cercano a neutro, tal como lo afirma Machado-Silveiro et al., 2004 en su artículo.

Para esta investigación se comparó únicamente el Citrato de Sodio con el EDTA, que se conoce por numerosas publicaciones el efecto quelante que posee al remover el barrillo dentinario de manera eficiente, el Citrato de Sodio al ser una nueva alternativa en odontología, carece de revisión de literatura en endodoncia, teniendo como precedente artículos científicos del ámbito de la urología (Ou et al., 2015 y Passero et al., 2015) y solamente tres publicaciones relacionadas con endodoncia (Machado-Silveiro et al., 2004; Spano et al., 2009; Cruz-Filho et al., 2011).

Como lo proponen Nassar et al., 2015 y Silva et al., 2011 es preocupante la contaminación ambiental provocada por el EDTA y la forma en que llega al agua potable, concordando así en que se debe continuar en la búsqueda un agente quelante que sea más biocompatible, que eventualmente sustituya al EDTA, en esta investigación se demostró que existe una alternativa eficaz.

En esta investigación se seleccionó el mismo EDTA que fue aplicado por Andrabi et al., en el 2012, SmearClear EDTA 17%, confirmando una vez más el efecto que posee.

A diferencia de los resultados publicados por Machado-Silveiro et al., 2004, Spano et al., 2009 y Cruz-Filho et al., 2011 la solución empleada para esta investigación fue tomada de manera estéril y sin manipulación en su preparación por parte del operador, lo que se piensa pudo haber alterado los resultados de los autores antes mencionados, ya que en estos estudios no se menciona si las soluciones son preparadas de manera adecuada, que cumplan con los criterios para la obtención de una solución estéril y tomando como referencia la prueba piloto del presente experimento, donde la solución fue preparada, se tiene como antecedente que generalmente el soluto o el solvente presentan algún grado mínimo de impurezas (Nassar et al., 2015), y esta cuestión fue corroborada mediante el microscopio electrónico de barrido al observarse interferencias en la superficie dental debido a esta contaminación. No se concuerda con Cruz-Filho et al., 2011 en cuanto al volumen del quelante, se considera que 50µL es muy poca cantidad, para esta investigación se aplicaron 2mL de irrigante por pieza.

Se difiere con la mayoría de los estudios consultados anteriormente, en cuanto al porcentaje de la solución de Citrato de Sodio al 10% por Machado-Silveiro et al., 2004,

Spano et al., 2009 y Cruz-Filho et al., 2011, ya que para esta investigación se utilizó el Citrato de Sodio al 3.2%, obtenido de frascos (vacutainer) de muestras para recolección sanguínea, tal como es sugerido en los artículos de Ou et al., 2015 y Passero et al., 2015, donde se evaluó al Citrato de Sodio como medicamento, secuestrador de iones calcio, eficaz para inhibir el daño crónico renal y como anticoagulante en catéteres en alternativa a la heparina.

Se coincide con Hennequin et al., 1994 en la división de la raíz en 3 porciones, eliminándose la corona clínica y con la mayoría de los estudios donde se realiza observación de algún quelante mediante el microscopio electrónico de barrido (Nassar et al., 2015; Torabinejad et al., 2003; Mahajan et al., 2010; Teixeira et al., 2005); difiriendo así, con Spano et al., 2009 y Cruz-Filho et al., 2011 y De-Deus et al., 2006 que evaluaron solo una porción de la raíz en sus investigaciones.

En el presente estudio se concuerda con los artículos de Teixeira et al., 2005 y Mahajan et al., 2010 en cuanto al tiempo de colocación del irrigante dentro del conducto (se estandarizó a 2 minutos), además de coincidir en que, sin importar el grupo experimental, el tercio donde se observó mayor grado de barrillo dentinario, fue el tercio apical, esto se debe a que considerando los criterios de inclusión del estudio de Khalighnejad et al., 2013 para esta investigación se selló el foramen apical de las piezas a estudiar para simular la presión negativa que se obtiene “*in vivo*”. Concordando así con Vera et al., 2011 que hace referencia a la complejidad de lograr una buena penetración de las soluciones, debido a la anatomía y a la forma en que es llevada la solución, así mismo se menciona en el artículo de Versiani et al., 2016 la dificultad de llevar a la longitud de trabajo la solución irrigante, estando de acuerdo en esto con Haapasalo et al., 2014 y Boutsoukis et al., 2010 en su estudio donde se demuestra que la aguja convencional es la manera más ineficiente de lograr una irrigación efectiva, a menos que haya un intercambio del irrigante, mediante un flujo continuo, constatando así lo que afirma Van Der Sluis et al., 2006.

En este experimento, se hizo lo posible para evitar grietas producidas durante la instrumentación, por lo tanto; se utilizó la técnica rotatoria TFAaptive según las instrucciones del fabricante; se llegó a un diámetro 50/.06, Paraskevopoulou y Khabbaz,

2016 afirman que a partir de un diámetro .04 se obtiene una mejor irrigación, también se concuerda con Jamleh y Alfouzan, 2016; que afirman que el movimiento rotatorio se adapta a reciprocante, cuando se presenta estrés en el instrumento por alguna obstrucción en la pared del conducto, así mismo, este instrumento y tipo de movimiento ayuda a la remoción del barrillo dentinario, discrepando con el artículo de Khalighnejad et al., 2013 donde se realizó instrumentación manual, la cual se conoce por distintos artículos, favorece a la formación de barrillo dentinario y el taponamiento hacia apical.

Para la presente investigación se decidió utilizar el mismo criterio de evaluación diseñado por Torabinejad et al., 2003, aplicado también por Mahajan et al., 2010 y Teixeira et al., en su estudio del 2005, donde se evalúa el grado de barrillo dentinario en las superficies mediante una escala simplificada que indica si el barrillo se encuentra de forma severa, moderada o ausente. En contraparte con distintos autores (Khalighnejad et al., 2013; Srinivasan et al., 2014; Andrabi et al., 2012; Scelza et al., 2000) que establecieron más de 5 categorías para evaluar sus resultados, lo que deriva en una complejidad al momento de otorgar una calificación, difiriendo en esta escala de tamizaje para la presente investigación.

Las imágenes obtenidas para este experimento fueron evaluadas por dos endodoncistas ajenos al estudio, como se menciona anteriormente utilizando la escala de Torabinejad et al., 2003, ambas clasificaciones categóricas fueron idénticas entre los evaluadores llegando a la misma conclusión; esta unificación fue posible, gracias a la simplicidad de categorías (Torabinejad et al., 2003; Mahajan et al., 2010; Teixeira et al., 2005).

Al microscopio electrónico de barrido se observó que el Citrato de Sodio exhibió 15 superficies libres de barrillo dentinario, en contraste con el EDTA que consiguió 13 libres, estando de acuerdo con Vera et al., 2011 en que generalmente la porción radicular menos limpia es la apical.

Distintos autores afirman que el Citrato de Sodio al 10% presenta menor efecto quelante en los túbulos dentinarios que el EDTA al 17%, no concordando así con los resultados obtenidos de la presente investigación.

Se afirma (Morago et al., 2016) que a pesar de que está bien establecido el protocolo de irrigación con Hipoclorito de Sodio y EDTA, causa daño y debilitamiento a la dentina, estando de acuerdo, según los resultados del presente estudio, al presenciar mayor número de grietas en las muestras de EDTA que en las de Citrato de Sodio, observadas mediante el microscopio electrónico de barrido.

El Citrato de Sodio demostró no efectuar daño en la dentina, acordando con Cruz-Filho et al., 2011 y Machado Silveiro et al., 2004, donde mencionan que, al ser un derivado del ácido cítrico, pero en su forma alcalina, posee ligeramente la acidez del compuesto mencionado en menor proporción, lo que favorece a que la disolución de dentina tome más tiempo y su interacción con el Hipoclorito de Sodio, sea sinérgica.

Aunado a que Passero et al., 2015 afirma en su investigación que el Citrato de Sodio es altamente biocompatible, demostrando esto, al ser administrado *in vivo* y posteriormente estudiado *ex vivo* y en dicho estudio se comprobó que no causó ningún daño sistémico a una baja concentración del quelante (3.2%) en comparación con la heparina, lo que le confiere una ventaja sobre el EDTA en caso de hacer contacto con los tejidos periapicales.

En la presente tesis los resultados demuestran que el Citrato de Sodio, al ser encontrado en el ambiente libremente y no producido sintéticamente a diferencia del EDTA, argumenta ser una propuesta prometedora como alternativa de agente quelante, y, que como se menciona en el estudio de Passero et al., 2015 es de bajo costo, lo cual podemos constatar y se confía en que despierte interés para futuras investigaciones.

Se coincide con Nassar et al., 2015, Machado-Silveiro et al., 2004, Silva et al., 2012, Spano et al., 2009 y Cruz-Filho et al., 2011; en cuanto a que se debe continuar en la búsqueda de un quelante que sea efectivo para los propósitos de remoción de barrillo dentinario, y que sea poco irritante para los tejidos periapicales.

No obstante, cabe recalcar que el Citrato de Sodio es biodegradable y no es un contaminante ambiental, coordinando así con las alternativas presentadas últimamente por Silva et al., 2012 y Nassar et al., 2015; se espera que en un futuro el Citrato de Sodio sea incorporado en el tratamiento de endodoncia.

## **9. CONCLUSIONES**

Bajo las condiciones experimentales del presente estudio, se llegó a las siguientes conclusiones:

1. El Citrato de Sodio exhibió un mayor grado de limpieza, al obtener un mayor número de superficies libres de barrillo dentinario.
2. El Citrato de Sodio, a pesar de su concentración significativamente menor, obtuvo buenos resultados en relación al tiempo de aplicación.
3. El Citrato de Sodio no mostró descalcificación en la dentina.

## RECOMENDACIONES

Como continuación de esta investigación se puede repetir este experimento:

1. Comparando distintas concentraciones del Citrato de Sodio a diferentes tiempos.
2. Analizar la biocompatibilidad y citotoxicidad en células madre de pulpa dental.
3. Analizar químicamente la interacción del Citrato de Sodio con el Hipoclorito de Sodio, ya que, al ser un ácido débil ligeramente alcalino, se supone que no altera el poder antimicrobiano del Hipoclorito, ni su degradación de tejido orgánico.
4. Analizar mediante espectrometría de absorción atómica el grado de concentración de iones de calcio en la dentina después de la irrigación final.



## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

1. Ahmetoglu F, Keles A, Yalcin M, Simsek N. Effectiveness of different irrigation systems on smear layer removal: A scanning electron microscopic study. *Eur J Dent.* 2014;8(1):53-7.
2. Akncbay H, Senel S, Ay ZY. Application of chitosan gel in the treatment of chronic periodontitis. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2007;80(2):290-6.
3. Aktener BO, Cengiz T, Pişkin B. The penetration of smear material into dentinal tubules during instrumentation with surface-active reagents: a scanning electron microscopic study. *J Endod.* 1989;15(12):588-90.
4. Andrabi SM, Kumar A, Kumar Tewari R, Kumar Mishra S, Iftekhar H. An In Vitro SEM Study on the Effectiveness of Smear Layer Removal of Four Different Irrigations. *Iran Endod J.* 2012;7(4):171-6.
5. Asgary S, Ehsani S. MTA resorption and periradicular healing in an open-apex incisor: A case report. *Saudi Dent J.* 2012;24(1):55-9.
6. Aslantas EE, Buzoglu HD, Karapinar SP, Cehreli ZC, Muftuoglu S, Atilla P, Aksoy Y. Age-related Changes in the Alkaline Phosphatase Activity of Healthy and Inflamed Human Dental Pulp. *J Endod.* 2016;42(1):131-4.
7. Bailón-Sánchez ME, Baca P, Ruiz-Linares M, Ferrer-Luque CM. Antibacterial and anti-biofilm activity of AH plus with chlorhexidine and cetrimide. *J Endod.* 2014;40(7):977-81.
8. Baumotte K, Bombana AC, Cai S. Microbiologic endodontic status of young traumatized tooth. *Dent Traumatol.* 2011;27(6):438-41.
9. Berutti E, Marini R, Angeretti A. Penetration ability of different irrigants into dentinal tubules. *J Endod.* 1997;23(12):725-7.

10. Boutsoukias C, Lambrianidis T, Verhaagen B, Versluis M, Kastrinakis E, Wesselink PR, van der Sluis LW. The effect of needle-insertion depth on the irrigant flow in the root canal: evaluation using an unsteady computational fluid dynamics model. *J Endod.* 2010;36(10):1664-8.
11. Bruno, K. F.; Silva, J. A.; Silva, T. A.; Batista, A. C.; Alencar, A. H. & Estrela, C. Characterization of inflammatory cell infiltrate in human dental pulpitis. *Int. Endod. J.* 2010;43(11):1013-21.
12. Byström A, Sundqvist G. Bacteriologic evaluation of the efficacy of mechanical root canal instrumentation in endodontic therapy. *Scand J Dent Res* 1981;89:321-8.
13. Çiçek E, Keskin Ö. The effect of the temperature changes of EDTA and MTAD on the removal of the smear layer: a scanning electron microscopy study. *Scanning.* 2015;37(3):193-6.
14. Cruz A, Vera J, Gascón G, Palafox-Sánchez CA, Amezcua O, Mercado G. Debris remaining in the apical third of root canals after chemomechanical preparation by using sodium hypochlorite and glyde: an in vivo study. *J Endod.* 2014;40(9):1419-23.
15. Cruz-Filho AM, Sousa-Neto MD, Savioli RN, Silva RG, Vansan LP, Pécora JD. Effect of chelating solutions on the microhardness of root canal lumen dentin. *J Endod.* 2011;37(3):358-62.
16. Darda S, Madria K, Jamenis R, Heda A, Khanna A, Sardar L. An in-vitro evaluation of effect of EDTAC on root dentin with respect to time. *J Int Oral Health.* 2014; 6(2):22-7.
17. De-Deus G, Paciornik S, Mauricio MH. Evaluation of the effect of EDTA, EDTAC and citric acid on the microhardness of root dentine. *Int Endod J.* 2006;39(5):401-7.

18. Doğan H, Qalt S. Effects of chelating agents and sodium hypochlorite on mineral content of root dentin. *J Endod.* 2001;27(9):578-80.
19. Estrela C, Estrela CR, Barbin EL, Spanó JC, Marchesan MA, Pécora JD. Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Braz Dent J.* 2002;13(2):113-7.
20. Fidalgo TK, Freitas-Fernandes LB, Ammari M, Mattos CT, de Souza IP, Maia LC. The relationship between unspecific s-IgA and dental caries: A systematic review and meta-analysis. *J Dent.* 2014;42(11):1372-81
21. Fullerton C, et al. *Farmacia practica de Remington.* Ed. UTEHA. THE MERCK INDEX 8a.ED.U.S.A. 1968. p.957. México, 1953.p.614.
22. G. Bergenholtz. Inflammatory response of the dental pulp to bacterial irritation. *J Endod.* 1981;7:100-4
23. Garberoglio R, Brännström M. Scanning electron microscopic investigation of human dentinal tubules. *Arch Oral Biol.* 1976;21(6):355-62.
24. Gaspar-Zevallos E, Velásquez-Huamán Z, Evangelista-Alva A, Evaluación de tres técnicas de irrigación de conducto radicular frente a la actividad del *enterococcusfaecalis*. *Rev. Estomatol Herediana.* 2013; 23(2):68-75
25. Gaviria AS, Quintero M, Zúñiga ÁP, Rodríguez P, Jaramillo A. Prevalence of pulp lesions in patients treated with endodontic treatment at the dental clinic of dental school of university del valle. *Rev. Colomb Invest Odontol.* 2012;7(3):48-54.
26. Giardino L, Estrela C, Mohammadi Z, Palazzi F. Antibacterial power of sodium hypochlorite combined with surfactants and acetic acid. *Braz Dent J.* 2014; 25(4):289-94.
27. Gonçalves LS, Rodrigues RC, Andrade Junior CV, Soares RG, Vettore MV. The Effect of Sodium Hypochlorite and Chlorhexidine as Irrigant Solutions for Root

- Canal Disinfection: A Systematic Review of Clinical Trials. *J Endod.* 2016;42(4):527-32.
28. Grover C, Shetty N. Evaluation of calcium ion release and change in pH on combining calcium hydroxide with different vehicles. *Contemp Clin Dent.* 2014; 5(4):434.
  29. Guidotti R, Merigo E, Fornaini C, Rocca JP, Medioni E, Vescovi P. Er:YAG 2,940-nm laser fiber in endodontic treatment: a help in removing smear layer. *Lasers Med Sci.* 2014;29(1):69-75.
  30. Haapasalo M, Wang Z, Shen Y, Curtis A, Patel P, Khakpour M. Tissue dissolution by a novel multisonic ultracleaning system and sodium hypochlorite. *J Endod.* 2014;40(8):1178-81.
  31. Haznedaroğlu F. Efficacy of various concentrations of citric acid at different pH values for smear layer removal. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2003;96(3):340-4.
  32. Hennequin M, Pajot J, Avignant D. Effects of different pH values of citric acid solutions on the calcium and phosphorus contents of human root dentin. *J Endod.* 1994;20(11):551-4.
  33. Hülsmann M, Hahn W. Complications during root canal irrigation--literature review and case reports. *Int Endod J.* 2000;33(3):186-93.
  34. Hülsmann M, Heckendorff M, Lennon A. Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *Int Endod J.* 2003;36(12):810-30.
  35. Idris M, Sakir N, Kij N, Kini A. Endodontic Retreatment of a Mandibular Second Molar with four Separate Roots: A Case Report. *J Clin Diagn Res.* 2014;8(3):280-2.

36. Ingle NA, Dubey HV, Kaur N, Gupta R. Prevalence of dental caries among school children of Bharatpur city, India. *J Int Soc Prev Community Dent.* 2014;4(1):52-5.
37. Jamleh A, Alfouzan K. Vertical Load Induced with Twisted File Adaptive System during Canal Shaping. *J Endod.* 2016;42(12):1811-4.
38. Jara-Chalco LB, Zubiarte-Meza JA. Retratamiento endodóntico no quirúrgico. *Rev Estomatol Herediana.* 2011;21(4):231-236.
39. Kakehashi S, Stanley HR, Fitzgerald RJ. The effects of surgical exposures of dental pulps in germ-free and conventional laboratory rats. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1965;20:340-349
40. Kalesinskas P, Kačergius T, Ambrozaitis A, Pečiulienė V, Ericson D. Reducing dental plaque formation and caries development. A review of current methods and implications for novel pharmaceuticals. *Stomatologija.* 2014;16(2):44-52.
41. Kandian S, Chander S, Bishop K. Management of sodium hypochlorite extrusion beyond the root apex during root canal treatment: a case report. *Prim Dent J.* 2014;3(1):72-5.
42. Kang M, In Jung H, Song M, Kim SY, Kim HC, Kim E. Outcome of nonsurgical retreatment and endodontic microsurgery: a meta-analysis. *Clin Oral Investig.* 2015;19(3):569-82.
43. Kawashima N, Wadachi R, Suda H, Yeng T, Parashos P. Root canal medicaments. *Int Dent J.* 2009;59(1):5-11.
44. Kerbl FM, DeVilliers P, Litaker M, Eleazer PD. Physical effects of sodium hypochlorite on bone: an ex vivo study. *J Endod.* 2012;38(3):357-9.
45. Khademi A, Yazdizadeh M, Feizianfard M. Determination of the minimum instrumentation size for penetration of irrigants to the apical third of root canal systems. *J Endod.* 2006;32:417-20.

46. Khalighinejad N, Hasheminia M, Feizinafar M. The Efficacy of 5% Maleic Acid, 6% Phosphoric Acid and 17% EDTA in Smear Layer Removal - A Scanning Electron Microscopic Investigation. *Stomatološki glasnik Srbije*. 2013;60(4):191-199.
47. Kolosowski KP, Sodhi RN, Kishen A, Basrani BR. Qualitative Time-of-Flight Secondary Ion Mass Spectrometry Analysis of Root Dentin Irrigated with Sodium Hypochlorite, EDTA, or Chlorhexidine. *J Endod*. 2015;41(10):1672-7.
48. Kulan P, Karabiyik O, Kose GT, Kargul B. Biocompatibility of Accelerated Mineral Trioxide Aggregate on Stem Cells Derived from Human Dental Pulp. *J Endod*. 2016;42(2):276-9.
49. Kumar P, Prasad N, Darawade A, Bhagat SK, Narayana N, Darawade P. The Effect of Four Commonly used Root Canal Irrigants on the Removal of Smear Layer: An In-vitro Scanning Electron Microscope Study. *J Int Oral Health*. 2015;7(9):88-93.
50. Kumar Y, Lohar J, Bhat S, Bhati M, Gandhi A, Mehta A. Comparative evaluation of demineralization of radicular dentin with 17% ethylenediaminetetraacetic acid, 10% citric acid, and MTAD at different time intervals: An in vitro study. *J Int Soc Prev Community Dent*. 2016;6(1):44-8.
51. Lakshmi L Narayanan and C Vaishnavi Endodontic microbiology. *J Conserv Dent*. 2010;13(4):233–239.
52. Lotfi, Vosoughhosseini S, Saghiri MA, Zand V, Ranjkesh B, Ghasemi N. Effect of MTAD as a final rinse on removal of smear layer in ten-minute preparation time. *J Endod*. 2012;38(10):1391-4.
53. Machado-Silveiro LF, González-López S, González-Rodríguez MP. Decalcification of root canal dentine by citric acid, EDTA and sodium citrate. *Int Endod J*. 2004;37(6):365-9.

54. Mader CL, Baumgartner JC, Peters DD. Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. *J Endod* 1984;10:477–83.
55. Mahajan VA, Kamra AI, Dahiwalé SS. The effect of 17% EDTA and MTAD on smear layer removal and on erosion of root canal dentin when used as final rinse: An in vitro SEM study. *J Int Clin Dent Res Organ* 2010;2(3):113-8.
56. Mamaladze MT, Ustiashvili MG. Theoretical and practical principles of dentinogenesis: hypotheses and confirmed clinical reality. *Georgian Med News*. 2010;(186):22-8.
57. Mathew J, Emil J, Paulaiian B, John B, Raja J, Mathew J. Viability and antibacterial efficacy of four root canal disinfection techniques evaluated using confocal laser scanning microscopy. *J Conserv Dent*. 2014;17(5):444-8.
58. McComb D, Smith DC. A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *Journal of Endodontics* 1975;1(2):238–42.
59. Mente J, Leo M, Michel A, Gehrig H, Saure D, Pfefferle T. Outcome of orthograde retreatment after failed apicoectomy: use of a mineral trioxide aggregate apical plug. *J Endod*. 2015;41(5):613-20.
60. Metzger Z, Basrani B, Goodis H E, Instrumentos, materiales y dispositivos. Capítulo 8. Libro *Vías de la Pulpa*, 10ma edición, 2011 Elsevier España, S.L.: 223-282.
61. Michaud D, Komant T, Pfefferle P. Four percent trisodium citrate as an alternative anticoagulant for maintaining patency of central venous hemodialysis catheters: case report and discussion. *Am J Crit Care* 2001;10:351–354.
62. Moorér WR, Wesselink PR. Factors promoting the tissue dissolving capability of sodium hypochlorite. *Int Endod J*. 1982;15(4):187-96.

63. Morago A, Ordinola-Zapata R, Ferrer-Luque CM, Baca P, Ruiz-Linares M, Arias-Moliz MT. Influence of Smear Layer on the Antimicrobial Activity of a Sodium Hypochlorite/Etidronic Acid Irrigating Solution in Infected Dentin. *J Endod.* 2016;42(11):1647-1650.
64. Moreno Montoya A, Cañada Rodríguez A, Antúnez Coca J, Díaz Montes de Oca CI, Pineda AM, Use of herbal medicine in 3 dental clinics in Santiago de Cuba. *MEDISAN* 2011;15(4):489.
65. Nassar M, Hiraishi N, Tamura Y, Otsuki M, Aoki K, Tagami J. Phytic acid: an alternative root canal chelating agent. *J Endod.* 2015;41(2):242-7.
66. Norma Oficial Mexicana NOM-013-SSA2-1994, Para la prevención y control de enfermedades bucales, publicada el 6 de enero de 1995.
67. Orstavik D, Haapasalo M. Disinfection by endodontic irrigants and dressings of experimentally infected dentinal tubules. *Endod Dent Traumatol.* 1990;6(4):142-9.
68. Ou Y, Hou W, Li S, Zhu X, Lin Y, Han J, Duan Z, Gui B. Sodium Citrate Inhibits Endoplasmic Reticulum Stress in Rats with Adenine-Induced Chronic Renal Failure. *Am J Nephrol.* 2015;42(1):14-21.
69. Papagianni M. Advances in citric acid fermentation by *Aspergillus niger*: biochemical aspects, membrane transport and modeling. *Biotechnol Adv.* 2007;25(3):244-63.
70. Paraskevopoulou MT, Khabbaz MG. Influence of Taper of Root Canal Shape on the Intracanal Bacterial Reduction. *Open Dent J.* 2016;31(10):568-74.
71. Passero BA, Zappone P, Lee HE, Novak C, Maceira EL, Naber M. Citrate versus heparin for apheresis catheter locks: an efficacy analysis. *J Clin Apher.* 2015;30(1):22-7.



72. Pawar AM, Pawar MG, Kokate SR. Meant to make a difference, the clinical experience of minimally invasive endodontics with the self-adjusting file system in India. *Indian J Dent Res.* 2014;25(4):509-12.
73. Perez R, Neves AA, Belladonna FG, Silva EJ, Souza EM, Fidel S, Versiani MA, Lima I, Carvalho C, De-Deus G. Impact of the needle insertion depth on the removal of hard-tissue debris. *Int Endod J.* 2016 Apr 9.
74. Peter MG. Applications and environmental aspects of chitin and chitosan. *Journal of macromolecular science-pure and applied chemistry.* 1995;32(4): 629-40.
75. Peters OA, Barbakow F. Effects of irrigation on debris and smear layer on canal walls prepared by two rotary techniques: a scanning electron microscopic study. *J Endod.* 2000;26(1):6-10.
76. Peterson SN, Meissner T, Su AI, Snesrud E, Ong AC, Schork NJ, Bretz WA. Functional expression of dental plaque microbiota. *Front Cell Infect Microbiol.* 2014;14(4):108
77. Plotino G, Cortese T, Grande NM, Leonardi DP, Di Giorgio G, Testarelli L, Gambarini G. New Technologies to Improve Root Canal Disinfection. *Braz Dent J.* 2016;27(1):3-8.
78. Poudyal S, Wei-Hong P. Effect of ethylenediaminetetraacetic Acid (EDTA) gel on removing smear layer of root canal in vitro. *Chin Med Sci J.* 2012;27(3):190-1.
79. Prado M, Gusman H, Gomes BP, Simão RA. Scanning electron microscopic investigation of the effectiveness of phosphoric acid in smear layer removal when compared with EDTA and citric acid. *J Endod.* 2011;37(2):255-8.
80. Prado M, Santos Júnior HM, Rezende CM, Pinto AC, Faria RB, Simão RA, Gomes BP. Interactions between irrigants commonly used in endodontic practice: a chemical analysis. *J Endod.* 2013;39(4):505-10.

81. Qiu RM, Lo EC, Zhi QH, Zhou Y, Tao Y, Lin HC. Factors related to children's caries: a structural equation modeling approach. *BMC Public Health*. 2014;15(14):1071-7.
82. Rahimi S, Janani M, Lotfi M, Shahi S, Aghbali A, Vahid Pakdel M, Salem Milani A, Ghasemi N. A review of antibacterial agents in endodontic treatment. *Iran Endod J*. 2014;9(3):161-8.
83. Regalado Farreras DC, Puente CG, Estrela C. Sodium hypochlorite chemical burn in an endodontist's eye during canal treatment using operating microscope. *J Endod*. 2014;40(8):1275-9.
84. Ricucci D, Loghin S, Siqueira JF Jr. Correlation between Clinical and Histologic Pulp Diagnoses. *J Endod*. 2014;40(12):1932-9
85. Rôças IN, Lima KC, Assunção IV, Gomes PN, Bracks IV, Siqueira JF Jr. Advanced Caries Microbiota in Teeth with Irreversible Pulpitis. *J Endod*. 2015;41(9):1450-5.
86. Rôças IN, Provenzano JC, Neves MA, Siqueira JF Jr. Disinfecting Effects of Rotary Instrumentation with Either 2.5% Sodium Hypochlorite or 2% Chlorhexidine as the Main Irrigant: A Randomized Clinical Study. *J Endod*. 2016;42(6):943-7.
87. Rodríguez-Niklitschek C y Oporto VG, Working Length Determination in Endodontics. *Clinical Issues of Dental Root and Root Canal Systems Morphology Int. J. Odontostomat*. 2015;33(3):1136-1140
88. Rossi-Fedele G, Doğramaci EJ, Guastalli AR, Steier L, de Figueiredo JA. Antagonistic interactions between sodium hypochlorite, chlorhexidine, EDTA, and citric acid. *J Endod*. 2012;38(4):426-31
89. Rotstein I, Dankner E, Goldman A, Heling I, Stabholz A, Zalkind M. Histochemical analysis of dental hard tissues following bleaching. *J Endod*. 1996;22(1):23-5

90. Rubin LM, Skobe Z, Krakow AA, Gron P. The effect of instrumentation and flushing of freshly extracted teeth in endodontic therapy: a scanning electron microscope study. *J Endod.* 1979;5(11):328-35.
91. Saini M, Kumari M, Taneja S. Comparative evaluation of the efficacy of three different irrigation devices in removal of debris from root canal at two different levels: An in vitro study. *J Conserv Dent.* 2013;16(6):509-13.
92. Scelza MF, Antoniazzi JH, Scelza P. Efficacy of final irrigation--a scanning electron microscopic evaluation. *J Endod.* 2000;26(6):355-8.
93. Scelza MZ, de Noronha F, da Silva LE, Maurício M, Gallito MA, Scelza P. Effect of Citric Acid and Ethylenediaminetetraacetic Acid on the Surface Morphology of Young and Old Root Dentin. *Iran Endod J.* 2016;11(3):188-91.
94. Sen BH, Wesselink PR, Türkün M. The smear layer: a phenomenon in root canal therapy. *Int Endod J.* 1995;28(3):141-8.
95. Silva PV, Guedes DF, Nakadi FV, Pécora JD, Cruz-Filho AM. Chitosan: a new solution for removal of smear layer after root canal instrumentation. *Int Endod J.* 2013;46(4):332-8.
96. Siqueira JF Jr, Rôças IN. Diversity of endodontic microbiota revisited. *J Dent Res.* 2009;88(11):969-81.
97. Siqueira JF, Rôças IN. Microbiología y tratamiento de las infecciones endodónticas. Las vías de la pulpa. 2011. Cap 15. Décima Edición Ed. Elsevier. PP559-601.
98. Spanó JC, Silva RG, Guedes DF, Sousa-Neto MD, Estrela C, Pécora JD. Atomic absorption spectrometry and scanning electron microscopy evaluation of concentration of calcium ions and smear layer removal with root canal chelators. *J Endod.* 2009;35(5):727-30.

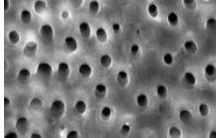
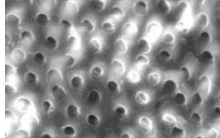
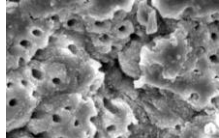
99. Srinivasan R, Ashwathappa GS, Junjanna P, Bhandary S, Aswathanarayana RM, Shetty A. Evaluation of smear layer removal from ultrasonically prepared retrocavities by three agents. *J Conserv Dent* 2014;17:330-4.
100. Stratul ȘI, Nica L, Roman A, Didilescu AC, Băcilă A, Rusu D, Oprea B, Șurlin P. Severely altered post-traumatic internal morphology of upper incisors associated with biologic width violation - the combined conservative approach. *Rom J Morphol Embryol.* 2014;55(4):1521-6.
101. Suga US, Terada RS, Ubaldini AL, Fujimaki M, Pascotto RC, Batilana AP, Pietrobon R, Vissoci JR, Rodrigues CG. Factors That Drive Dentists towards or Away from Dental Caries Preventive Measures: Systematic Review and Metasummary. *PLoS One.* 2014;8;9(10):1-18.
102. Sundqvist G. Bacteriological studies of necrotic dental pulps. Umeå: Umeå University, Sweden, 1976.
103. Teixeira CS, Felipe MC, Felipe WT. The effect of application time of EDTA and NaOCl on intracanal smear layer removal: an SEM analysis. *Int Endod J.* 2005;38(5):285-90.
104. Torabinejad M, Cho Y, Khademi AA, Bakland LK, Shabahang S. The effect of various concentrations of sodium hypochlorite on the ability of MTAD to remove the smear layer. *J Endod.* 2003;29(4):233-9.
105. Torabinejad M, Handysides R, Khademi AA, Bakland LK. Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2002;94:658-66.
106. Torabinejad M, Khademi AA, Babagoli J, Cho Y, Johnson WB, Bozhilov K, Kim J, Shabahang S. A new solution for the removal of the smear layer. *J Endod.* 2003;29(3):170-5.
107. van der Sluis LW, Gambarini G, Wu MK, Wesselink PR. The influence of volume, type of irrigant and flushing method on removing artificially placed

dentine debris from the apical root canal during passive ultrasonic irrigation. *Int Endod J.* 2006;39(6):472-6.

108. Van der Waal SV, van Dusseldorp NE, de Soet JJ. An Evaluation of the Accuracy of Labeling of Percent Sodium Hypochlorite on Various Commercial and Professional Sources: Is Sodium Hypochlorite from These Sources Equally Suitable for Endodontic Irrigation?. *J Endod.* 2014;40(8):1275-9.
109. Vemuri S, Kolanu SK, Varri S, Pabbati RK, Penumaka R, Bolla N. Effect of different final irrigating solutions on smear layer removal in apical third of root canal: A scanning electron microscope study. *J Conserv Dent.* 2016;19(1):87-90.
110. Vera J, Hernández EM, Romero M, Arias A, van der Sluis LW. Effect of maintaining apical patency on irrigant penetration into the apical two millimeters of large root canals: an in vivo study. *J Endod.* 2012;38(10):1340-3.
111. Versiani MA, Alves FR, Andrade-Junior CV, Marceliano-Alves MF, Provenzano JC, Rôças IN, Sousa-Neto MD, Siqueira JF Jr. Micro-CT evaluation of the efficacy of hard-tissue removal from the root canal and isthmus area by positive and negative pressure irrigation systems. *Int Endod J.* 2016;49(11):1079-1087.
112. Whitbeck ER, Swenson K, Tordik PA, Kondor SA, Webb TD, Sun J. Effect of EDTA preparations on rotary root canal instrumentation. *J Endod.* 2015;41(1):92-6.
113. Yamaguchi M, Yoshida K, Suzuki R, Nakamura H. Root canal irrigation with citric acid solution. *J Endod.* 1996; 22(1):27-9.
114. Zehnder M, Schmidlin P, Sener B, Waltimo T. Chelation in root canal therapy reconsidered. *J Endod.* 2005;31(11):817-20.
115. Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod.* 2006;32(5):389-98.

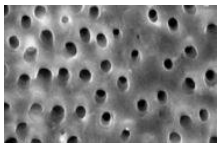
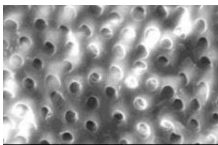
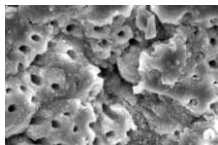
## ANEXOS 1.

**Ilustración 4 Hoja de captura de datos de EDTA**

Grado de barrillo dentinario:	1)Ausente	2)Moderado	3)Severo
			
EDTA	Coronal	Medio	Apical
Muestra No. 1	1	2	2
Muestra No. 2	1	1	2
Muestra No. 3	1	2	2
Muestra No. 4	2	2	3
Muestra No. 5	2	2	3
Muestra No. 6	1	2	2
Muestra No. 7	2	2	1
Muestra No. 8	1	2	2
Muestra No. 9	1	1	3
Muestra No. 10	1	1	3

- Ausente: No barrillo dentinario. Ausencia de barrillo en la superficie, los túbulos están limpios y abiertos.
- Moderado: Poco barrillo dentinario en la superficie del conducto, pero aún contenían debris.
- Severa: Barrillo dentinario cubriendo la mayor parte de los túbulos dentinarios y de la superficie del conducto.

**Ilustración 5 Hoja de captura de datos Citrato de Sodio.**

Grado de barrillo dentinario:	1)Ausente	2)Moderado	3)Severo
			
CITRATO DE SODIO			
	Coronal	Medio	Apical
Muestra No. 1	1	1	1
Muestra No. 2	1	2	3
Muestra No. 3	1	2	3
Muestra No. 4	1	1	1
Muestra No. 5	1	2	3
Muestra No. 6	2	2	2
Muestra No. 7	1	1	1
Muestra No. 8	2	2	2
Muestra No. 9	1	2	3
Muestra No. 10	1	1	3

- Ausente: No barrillo dentinario. Ausencia de barrillo en la superficie, los túbulos están limpios y abiertos.
- Moderado: Poco barrillo dentinario en la superficie del conducto, pero aún contenían debris.
- Severa: Barrillo dentinario cubriendo la mayor parte de los túbulos dentinarios y de la superficie del conducto.

## ANEXO 2: FIGURAS

### CONTROL POSITIVO SUERO FISIOLÓGICO

Figura 1 Control 1

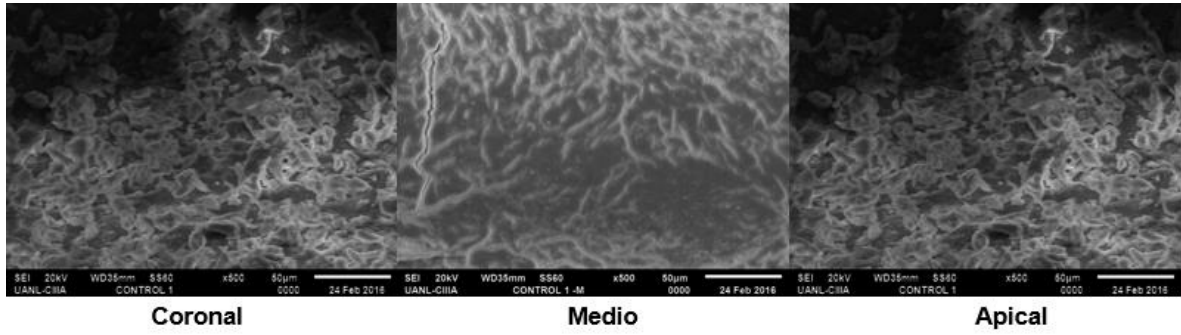
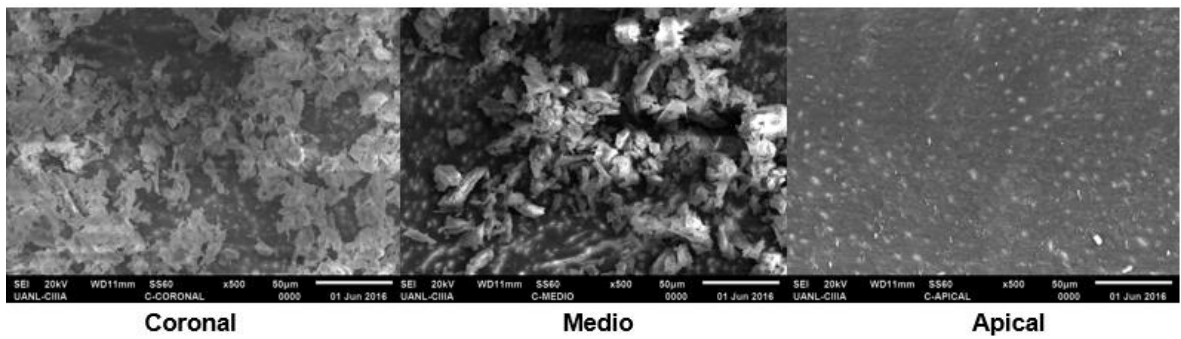


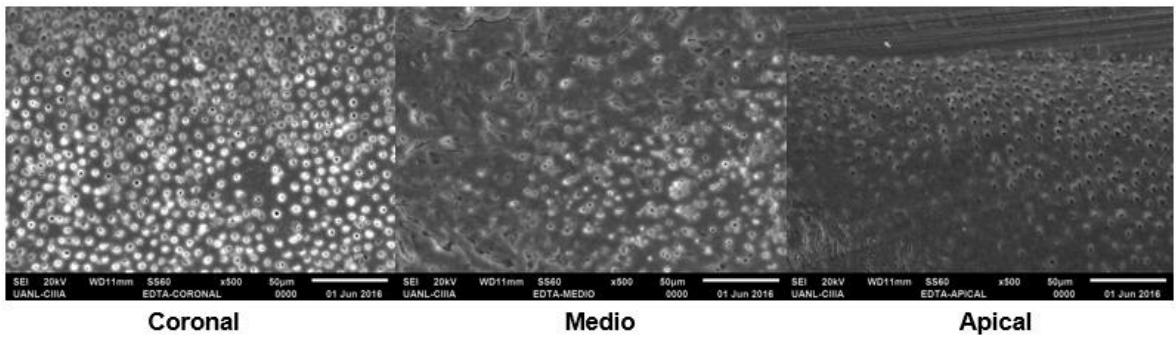
Figura 2 Control 2



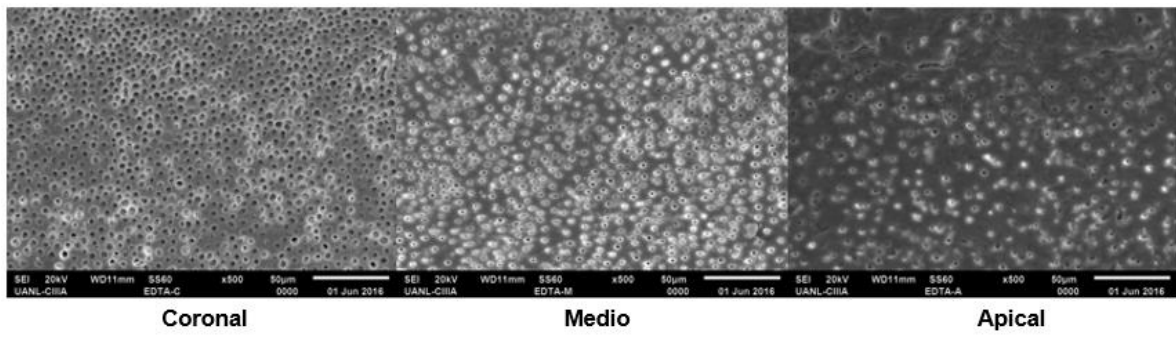


**EDTA 17%**

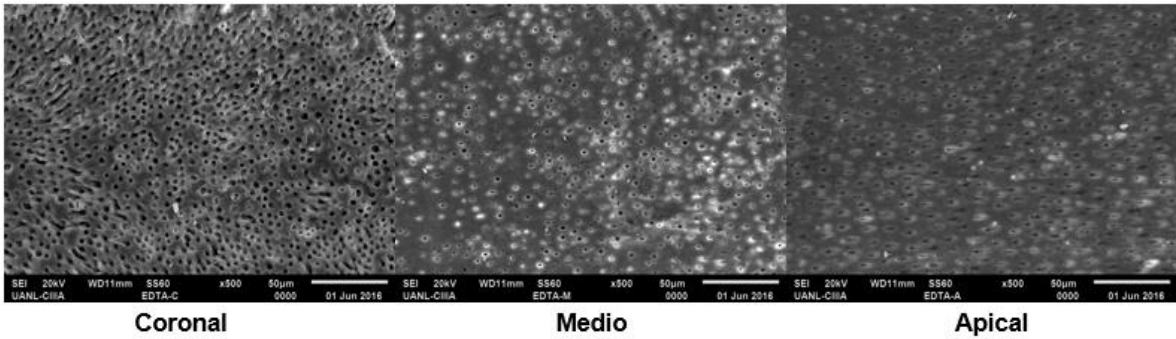
**Figura 3 EDTA 1**



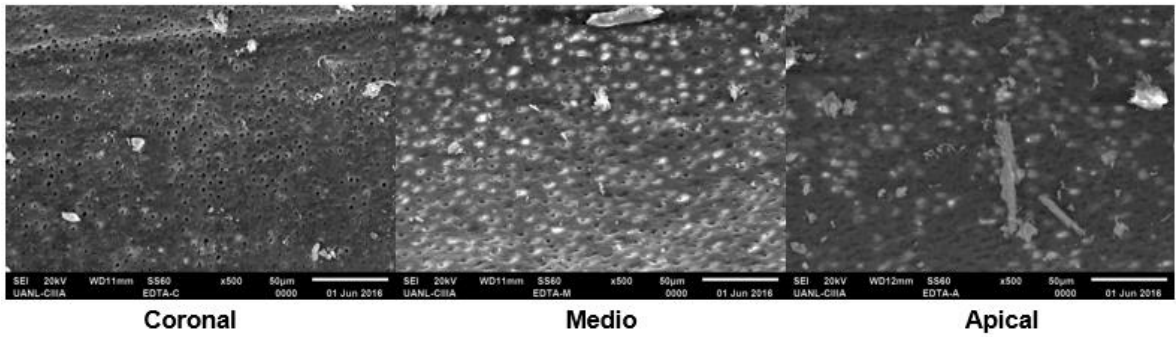
**Figura 4 EDTA 2**



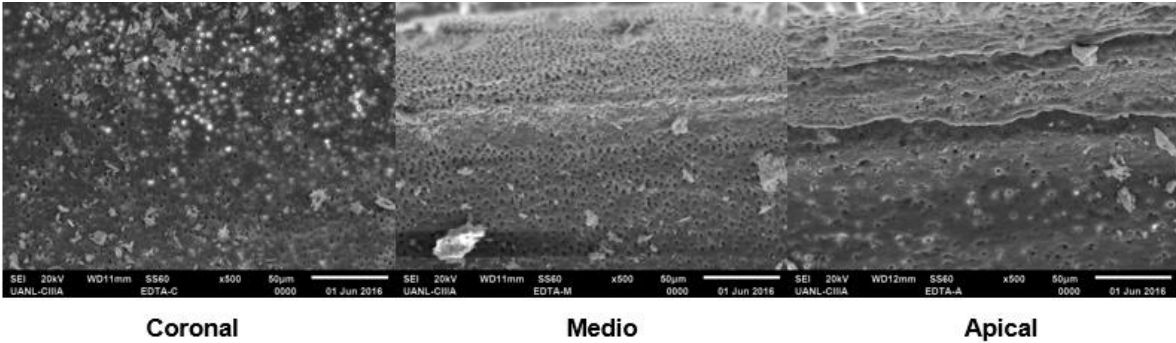
**Figura 5 EDTA 3**



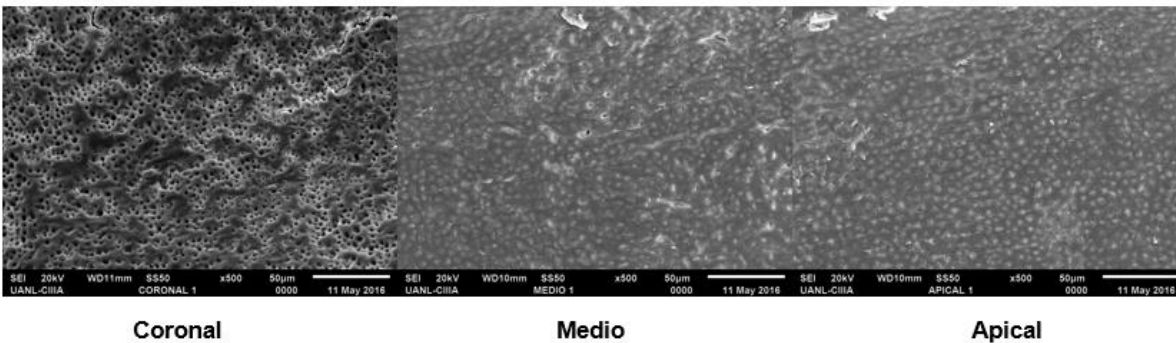
**Figura 6 EDTA 4**



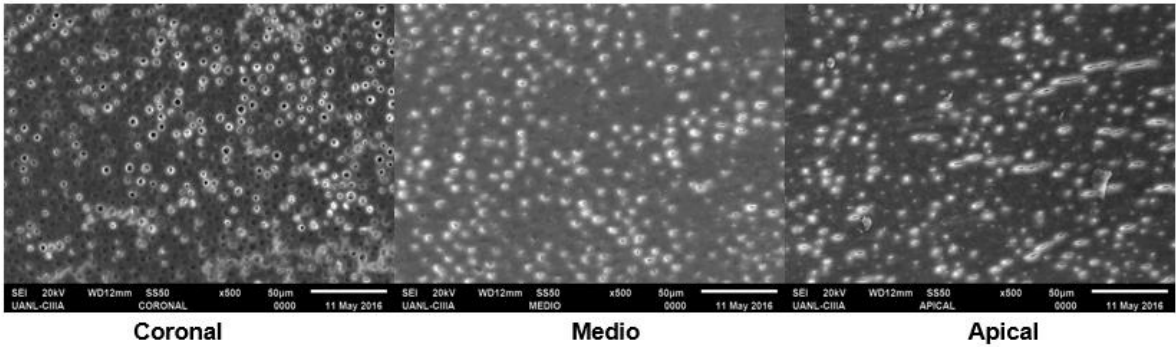
**Figura 7 EDTA 5**



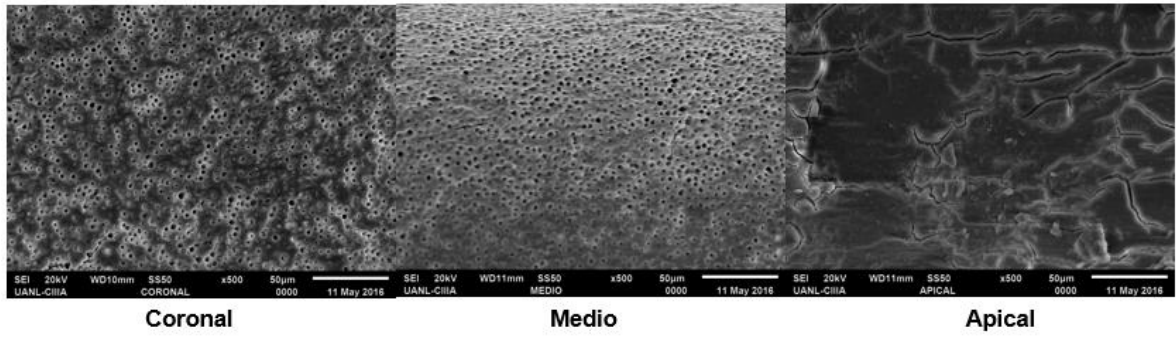
**Figura 8 EDTA 6**



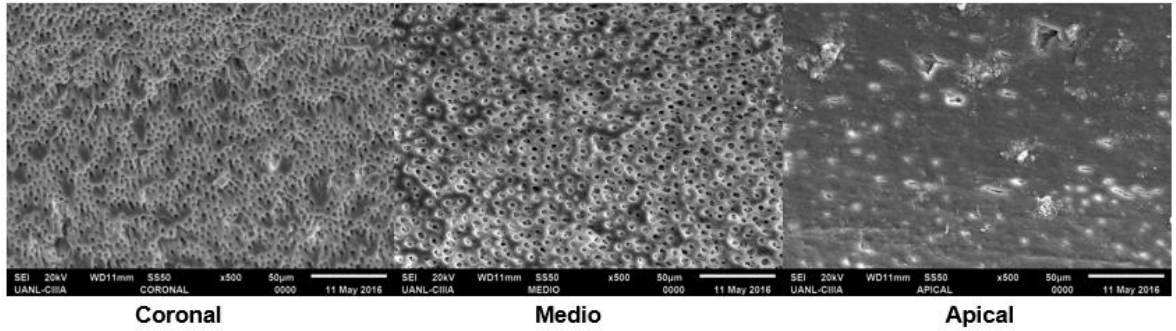
**Figura 9 EDTA 7**



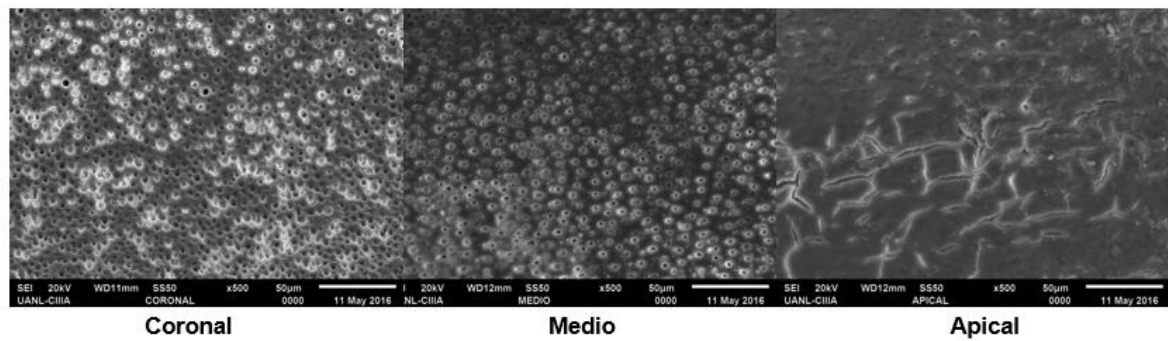
**Figura 10 EDTA 8**



**Figura 11 EDTA 9**

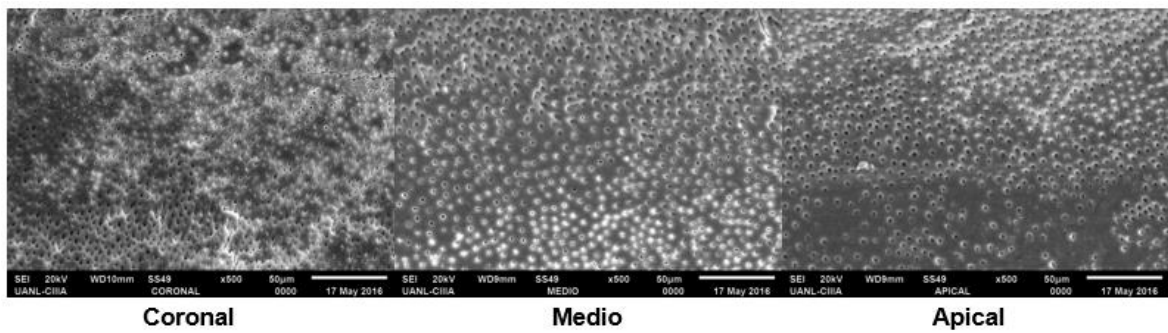


**Figura 12 EDTA 10**

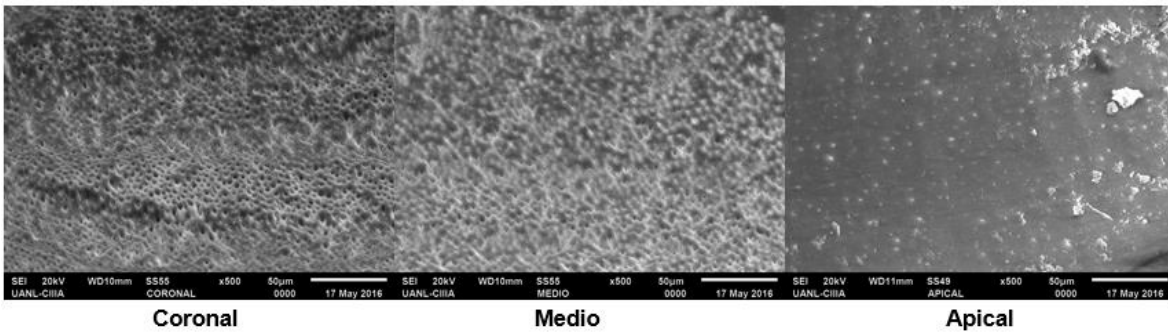


**CITRATO DE SODIO 3.2%**

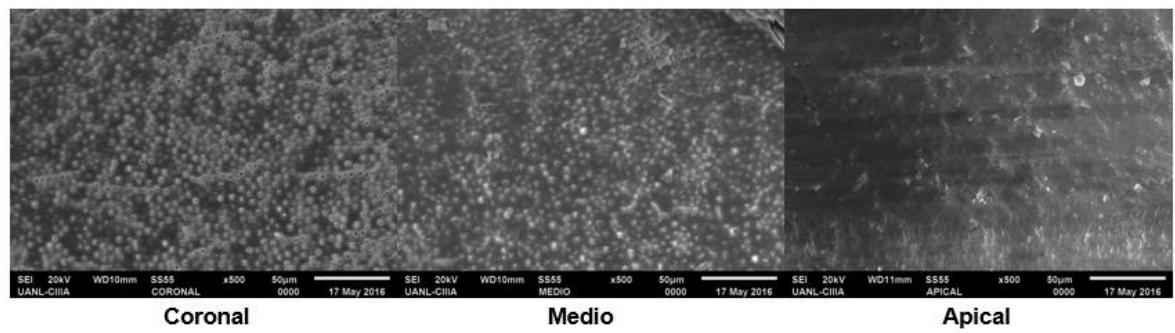
**Figura 13 CITRATO 1**



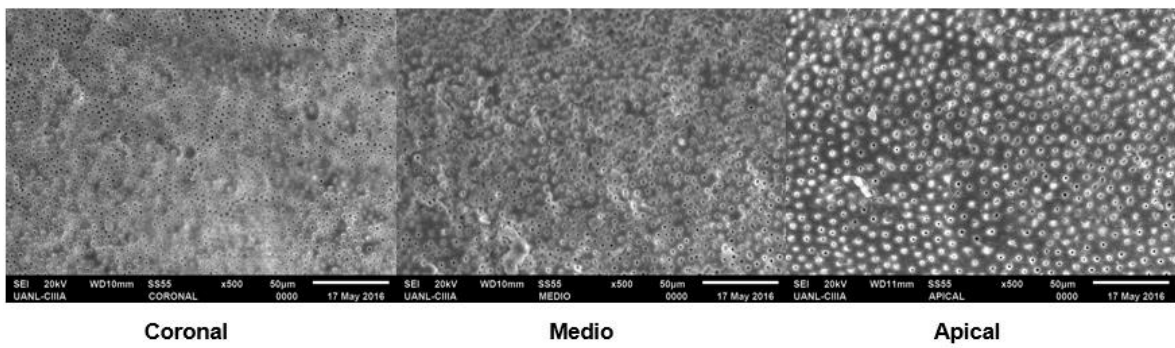
**Figura 14 CITRATO 2**



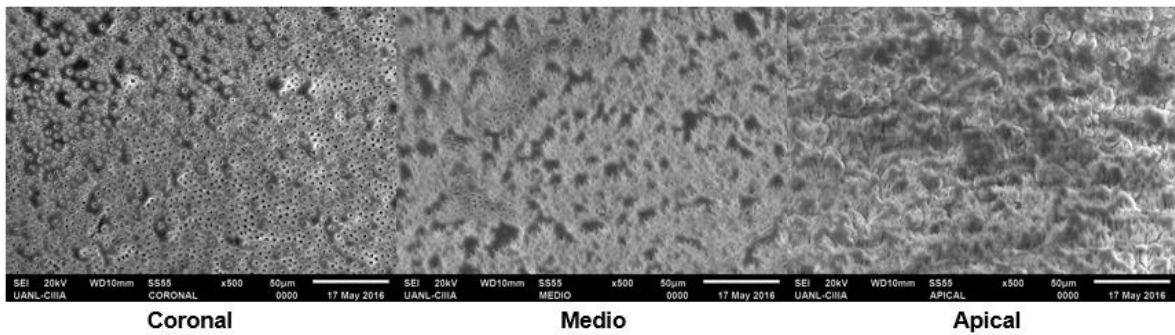
**Figura 15 CITRATO 3**



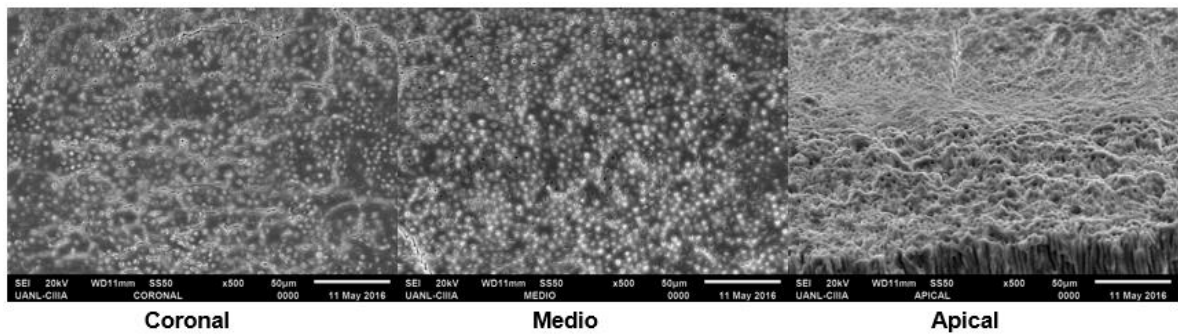
**Figura 16 CITRATO 4**



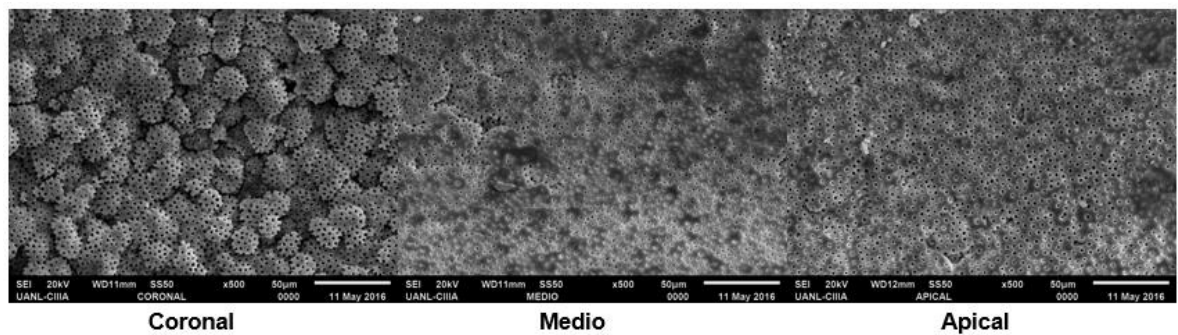
**Figura 17 CITRATO 5**



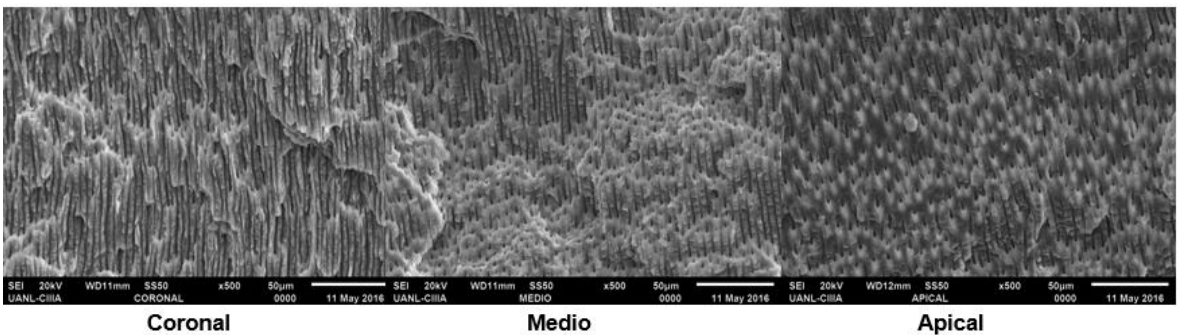
**Figura 18 CITRATO 6**



**Figura 19 CITRATO 7**

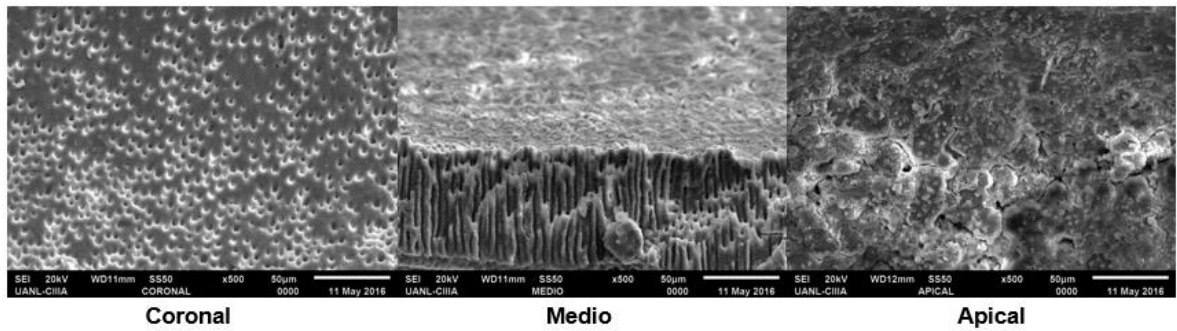


**Figura 20 CITRATO 8**

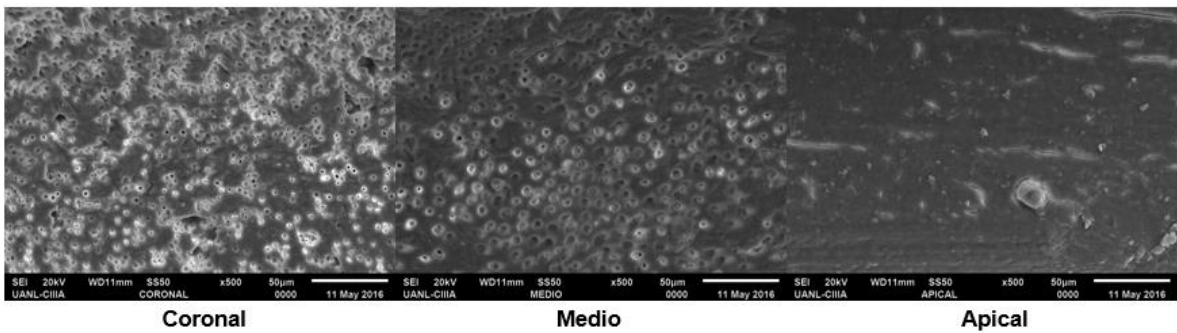




**Figura 21 CITRATO 9**



**Figura 22 CITRATO 10**



### **ANEXO 3.**



**Figura 23: Selección de la muestra.**



**Figura 24: Señalización de corona clínica para ser retirada.**





**Figura 25: Corte con disco de diamante.**



**Figura 26: Piezas sin corona y simulando presión apical.**



**Figura 27: Quelantes.**



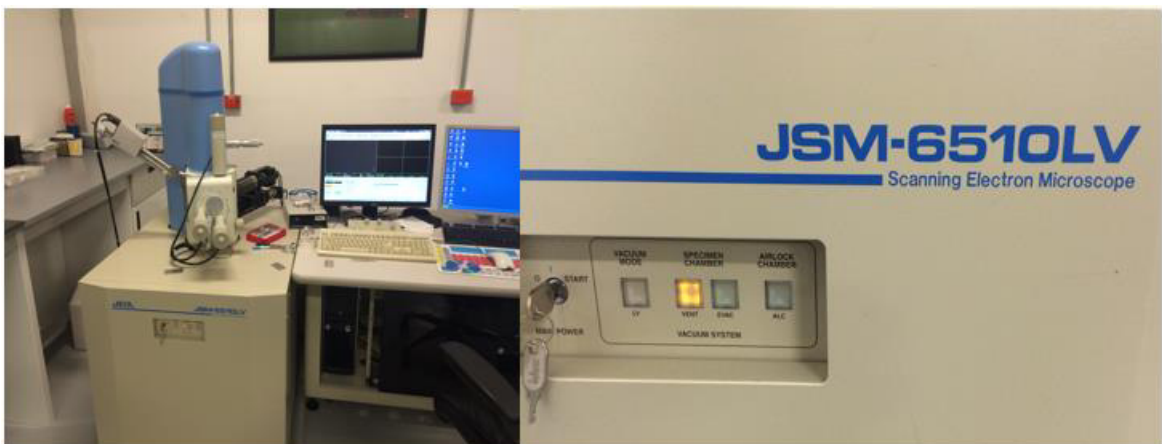
**Figura 28: Preparación de los especímenes realizado en el Posgrado de Endodoncia, Facultad de Odontología UANL.**



**Figura 29: División de la raíz.**



**Figura 30: CIHA UANL.**

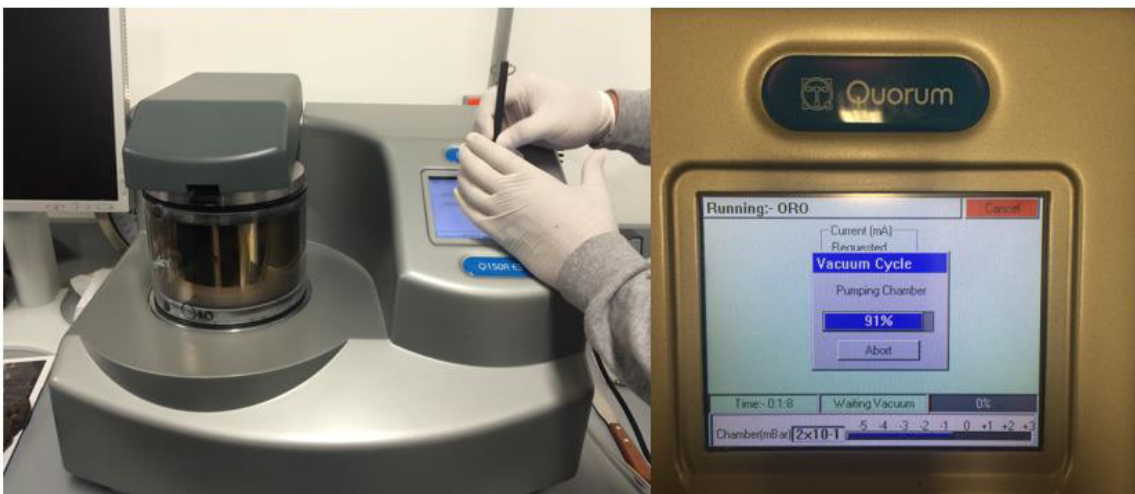


**Figura 31: Microscopio Electrónico de Barrido JSM-6510LV, CIHA UANL.**





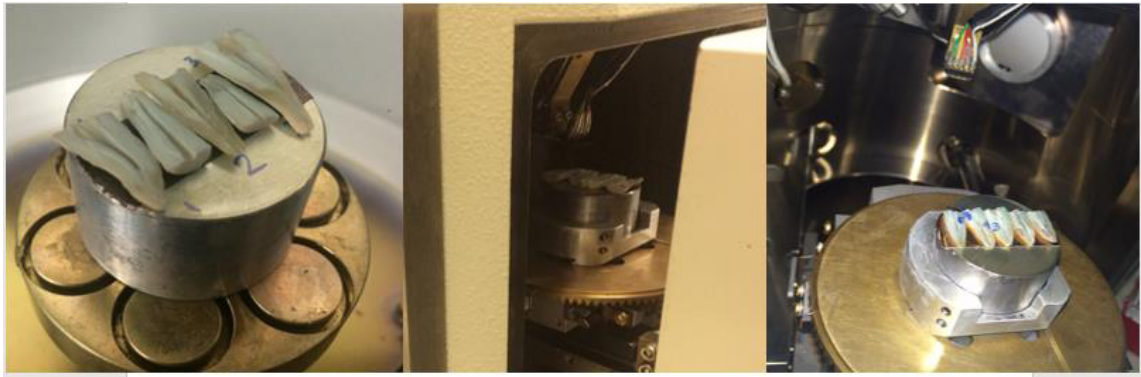
**Figura 32: Portaobjetos.**



**Figura 33: Máquina de vacío donde son recubiertas las muestras.**



**Figura 34: Muestras colocadas dentro de la máquina.**



**Figura 35: Muestras revestidas de sales de oro y colocadas en el MEB.**



**Figura 36: Evaluación mediante el MEB.**



**Figura 37: Personal del Lab. de Materiales Aeroespaciales, donde se llevó a cabo el experimento.**